voir en outre la feuille supplémentaire

EXPOSÉ SOMMAIRE

DES

TRAVAUX PUBLIÉS DEPUIS 1842

SUR DIVERS SUJETS

D'AGRONOMIE

DE CHIMIE GÉNÉRALE

OU DE CHIMIE APPLIQUÉE A L'AGRICULTURE

ET DE PHYSIQUE GÉNÉRALE

PAR

J. ISIDORE PIERRE

Membre correspondant de l'Institut de France (**section d'Économie rurale**), etc.

Professeur à la faculté des sciences de Caen

CAEN

IMPRIMERIE E. POISSON

Imprimeur de la Société d'Agriculture et de Commerce de Caen

18, RUE FROIDE 18

1863

EXPOSÉ SOMMAIRE

DES

TRAVAUX PUBLIÉS DEPUIS 1842

SUR DIVERS SUJETS

D'AGRONOMIE

DE CHIMIE GÉNÉRALE

OU DE CHIMIE APPLIQUÉE A L'AGRICULTURE

ET DE PHYSIQUE GÉNÉRALE

PAR

J. ISIDORE PIERRE

Membre correspondant de l'Institut de France (section d'Économie rurale), etc.

CAEN

IMPRIMERIE E. POISSON

18, RUE FROIDE 18

1863

PREMIÈRE SÉRIE

RECHERCHES AGRONOMIQUES

ET TRAVAUX DE CHIMIE

APPLIQUÉE A L'AGRICULTURE

I

Recherches expérimentales sur l'influence que peuvent exercer diverses matières salines sur la végétation du sainfoin, dans la plaine de Caen [1]. (Années 1849 et 1850.)

Ces recherches ont porté sur les matières salines suivantes, employées à diverses doses :

Carbonate de soude.	Nitrate d'ammoniaque.
Carbonate de potasse.	Chlorhydrate d'ammoniaque.
Sulfate de soude.	Sel.
Sulfate de potasse.	Plâtre cru, seul ou additionné de sel.
Nitrate de potasse.	Plâtre cuit, seul ou additionné de sel.

Les résultats les plus saillants peuvent se résumer ainsi :

Les nitrates de potasse et d'ammoniaque ainsi que le sulfate de soude; le plâtre cru et le plâtre cuit, seuls, ou additionnés d'environ 20 pour cent de sel marin, ont produit une action très-favorable et un accroissement de rendement considérable sur les coupes de 1849 et de 1850.

[1] Les résultats de ces recherches ont été insérés :
1° Dans les *Mémoires de la Société d'agriculture et de commerce de Caen* (tome V, 2e partie) ;
2° Dans le *Journal d'agriculture pratique* (année 1850) ;
3° Dans les *Analyses de chimie et de physique* (tome XXX, 3e série).

Le sulfate de potasse a exercé aussi une action favorable, mais moins prononcée que celle des substances précédentes.

Le chlorhydrate d'ammoniaque n'a fait sentir son action que la première année.

Sous l'influence des carbonates de potasse et de soude, une sensible augmentation de rendement s'est manifestée la première année ; mais elle a fait place à une diminution l'année suivante.

Le sel marin employé seul n'a rien produit à faible dose. A dose élevée, il a occasionné une diminution de rendement d'autant plus sensible que la dose de sel était plus élevée.

II

Recherches expérimentales sur l'influence que peuvent exercer quelques sulfates sur le rendement des prairies artificielles à base de légumineuses [1]. (Année 1850.)

Elles ont porté sur le plâtre cuit ou cru, seul ou additionné de sel à diverses doses,

Sur les sulfates de soude et d'ammoniaque à doses variées.

Résultats obtenus :

A dose égale, le plâtre cru a produit des résultats supérieurs à ceux qu'on a obtenus sous l'influence du plâtre cuit.

Les résultats étaient intervertis, lorsque le plâtre était additionné de sel.

Les sulfates de soude et d'ammoniaque ont produit également des résultats favorables ; mais, pour des doses correspondantes contenant des quantités égales de soufre ou d'acide sulfurique, le sulfate d'ammoniaque a paru avoir un avantage marqué sur le sulfato de soude.

La comparaison des effets du plâtre et du sulfate d'ammoniaque m'a conduit à penser également que l'ammoniaque du sulfate a dû exercer une action supérieure à celle d'une quantité équivalente de chaux, agissant dans le plâtre cru ou cuit sous l'influence du sel marin.

[1] Les résultats de ces recherches ont été insérés :
1° Dans les *Mémoires de la Société d'agriculture et de commerce de Caen* (tome V, 2° partie) ;
2° Dans les *Annales agronomiques* (tome 1er, 1851).

III

Essais pratiques relatifs à l'influence de quelques sulfates sur la végétation des prairies naturelles[1]. (Année 1850.)

Les substances employées dans ces essais étaient le sulfate d'ammoniaque et le plâtre cuit ou cru, seul ou additionné de sel à diverses doses.

Le sulfate d'ammoniaque a produit des effets avantageux, et il résulte encore de ces essais que les prairies naturelles ne sont pas toujours aussi insensibles à l'action du plâtre qu'on s'est accoutumé à le répéter souvent.

IV

Recherches analytiques sur le sel contenu dans les eaux pluviales et dans les terres non réputées terres salées[2]. (Années 1850 et 1851.)

Ces recherches m'avaient conduit aux conséquences suivantes :

1° Certaines terres qu'on ne considère pas ordinairement comme terres salées peuvent cependant contenir, dans la couche accessible aux racines, une quantité de chlorures capable de fournir à un très-grand nombre de récoltes le chlore qu'on y a trouvé par l'analyse chimique ;

2° L'expérience directe m'a donné, près de Caen, au commencement d'avril, dans une terre en sainfoin depuis deux ans, qui n'avait reçu ni engrais ni labours depuis deux ans et demi, plus de 1600 kilogrammes de chlorure par hectare, dans la couche supérieure du sol jusqu'à la profondeur de 40 centimètres ;

3° Les sept huitièmes de ces chlorures se trouvaient, à l'époque des expériences, dans la moitié *inférieure* de cette couche de terre, c'est-à-dire dans celle qui est à peine effleurée par les labours ;

4° Les eaux pluviales doivent restituer au sol une partie notable des substances minérales solubles que les récoltes lui enlèvent.

[1] Le résultat de ces recherches a été publié :
1° Dans les *Mémoires de la Société d'agriculture et de commerce de Caen* (tome V, 2e partie) ;
2° Dans les *Annales agronomiques* (1851).

[2] Le résultat de ces essais a été inséré :
1° Dans les *Mémoires de la Société d'agriculture et de commerce de Caen* (tome V, 2e partie) ;
2° Dans les *Annales agronomiques* (1851).

A Caen, par exemple, on peut évaluer approximativement cette restitution annuelle, par hectare :

A près de 60 kilogrammes de chlorures (chlorures de sodinm, de potassium, de magnésium, de calcium), dont les trois quarts à l'état de sel marin ;

A plus de 33 kilogrammes de sulfates divers, contenant plus de la moitié de leur poids d'acide sulfurique (sulfates de soude, de potasse, de chaux, de magnésie) ;

A plus de 26 kilogrammes de chaux en combinaisons diverses. (Ces résultats étaient publiés avant l'excellent travail de M. Barral sur les eaux pluviales.)

V

Fragments d'études sur l'état de la science des engrais et des amendements chez les anciens Romains [1].

J'ai cherché, dans cette étude, à donner une idée :

1° Des diverses matières employées comme engrais chez les Romains ;

2° De la manière dont se faisait, chez eux, la préparation des divers engrais usuels ;

3° De la manière dont ils en faisaient l'emploi ;

4° Des opinions des agronomes romains sur la classification, par ordre de mérite, des engrais usuels ;

5° Enfin, de l'état de leurs connaissances sur les amendements.

VI

Rapport fait à la Société d'agriculture et de commerce de Caen, sur des expériences faites en vue d'apprécier le mérite du système de culture sans engrais de M. Bickès [2]. (Année 1850.)

L'engrais Bickès, on se le rappelle, était un de ces engrais de poche qu'il suffisait d'employer, au dire de l'inventeur, à des doses presque insignifiantes pour obtenir des résultats merveilleux.

[1] Ces fragments ont été publiés dans les *Annales agronomiques* en 1850, et dans le *Bulletin de la Société d'agriculture et de commerce de Caen* en 1860.

[2] Inséré dans les *Mémoires de la Société* (tome V, 2e partie).

Les expériences faites comparativement, sur du sarrasin, avec cet engrais, du fumier d'abattoir et des poudrettes, m'ont conduit à cette conséquence que l'engrais Bickès n'avait produit aucun effet sensible sur le sarrasin, quoiqu'on eût opéré en présence et sous la direction du représentant de l'inventeur.

VII

Etudes sur les engrais de mer des côtes de la basse Normandie [1]. TANGUES. (1850 à 1852.)

(Travail entrepris par ordre de M. le Ministre de l'agriculture et du commerce)

Ce travail, qui a nécessité plusieurs voyages sur le littoral des départements du Calvados, de la Manche et d'Ille-et-Vilaine, peut se résumer ainsi :

1° On peut évaluer à environ deux millions de mètres cubes l'importance annuelle de l'exploitation de la tangue, sur le littoral de la Manche compris entre l'embouchure de la Rance et celle de l'Orne ;

2° Le mouvement annuel de fonds auquel cet emploi de la tangue donne lieu présentement peut être évalué à quatre ou cinq millions de francs ;

3° L'usage de la tangue doit remonter à une époque fort reculée, puisqu'on trouve des documents historiques du douzième siècle qui en font mention comme d'une chose déjà bien ancienne ;

4° Les tangues sont des mélanges, en proportions variables, de carbonate de chaux, d'argile, de sable quartzeux, feldspathique ou micacé, contenant une petite quantité de matières salines (chlorures, sulfates, phosphates) et de matières organiques plus ou moins riches en azote ;

5° La plupart de ces tangues, quoique de compositions assez diverses, quant aux proportions de leurs principes constituants, donnent cependant, par la lévigation, une matière plus ténue dont la composition minérale varie peu d'une tangue à l'autre ; cette matière est ordinairement plus riche en carbonate de chaux, en phosphates et en azote que les tangues qui l'ont fournie.

6° Le poids du mètre cube de tangue marchande varie entre 1000 et 1500 kilogrammes, suivant la provenance et la qualité ;

[1] Ce travail a été inséré :
1° Dans les *Mémoires de la Société linnéenne de Normandie* (tome IX) ;
2° Dans les *Annales de chimie et de physique* (3e série, tome XXXIX) ;
3° Dans les *Mémoires de la Société d'agriculture et de commerce de Caen* (tome V, 2e partie).

7° La tangue paraît agir sur le sol principalement par son carbonate de chaux; cependant on ne peut refuser une part d'action réelle aux matières salines (chlorures, sulfates, phosphates) et aux matières organiques azotées qu'elle contient;

8° Il est impossible de considérer comme fondée l'opinion qui attribue au sel que renferment les tangues la part principale de leur action sur les terres, attendu: 1° que les meilleures tangues sont loin d'être les plus salées; 2° que la proportion de sel est en général peu considérable; 3° enfin, qu'on a grand soin de les laisser *dessaler* avant leur emploi, pour les améliorer;

9° La tangue doit encore agir mécaniquement par les matières sableuses et argileuses qui s'y trouvent;

10° Les tangues ne peuvent être considérées comme résultats d'apports fluviatiles;

11° Elles se produisent ou se déposent ordinairement à l'embouchure des cours d'eau qui s'étalent, en arrivant à la mer, sur des plages vastes et peu profondes, et peuvent être transportées en amont, par le flot montant, jusqu'à plusieurs kilomètres de la mer : on en recueille souvent à 10 ou 12 kilomètres de l'embouchure de ces cours d'eau.

Ce travail a été accompagné de cartes et de diverses pièces justificatives.

VIII

Expériences relatives à l'emploi, comme engrais, du phosphate ammoniaco-magnésien[1]. (Présentées à l'Académie des sciences le 2 février 1852.)

Les résultats de ces expériences peuvent se résumer ainsi :

1° Le phosphate ammoniaco-magnésien, employé à des doses de 150 et 300 kilogrammes par hectare, a exercé sur les récoltes de froment une action favorable très-prononcée;

2° Toutes choses semblables d'ailleurs, son action paraît plus sensible sur les terres qui commencent à se fatiguer de céréales trop fréquemment répétées;

3° L'un des effets constants du phosphate ammoniaco-magnésien sur les récoltes de froment est un accroissement sensible dans le poids spécifique du grain; cet accroissement s'est élevé, dans mes expériences, jusqu'à 4 pour cent;

[1] Insérées par extrait dans les Comptes-rendus de l'Académie des sciences (1852).
Publiées dans les *Annales de chimie et de physique* (3e série, tome XXXVI);
Dans les *Mémoires de la Société d'agriculture et de commerce de Caen* (tome V, 2e partie).

4° Enfin, employé pour le sarrasin ordinaire à la dose de 250 à 500 kilogrammes par hectare, dans une terre de très-médiocre qualité, ce même phosphate y a produit des résultats différentiels très-remarquables : la récolte de grain a été plus que *sextuplée*; la récolte de paille plus que *triplée*.

IX

Recherches expérimentales sur l'emploi du sulfate de fer comme désinfectant des engrais, et sur la solubilité des phosphates de fer qui peuvent se former pendant cette désinfection[1]. (Présenté à l'Académie des sciences le 9 avril 1852.)

J'ai montré dans ce travail :

1° Que l'eau gazeuse chargée d'acide carbonique peut tenir en dissolution près d'un millième de son poids de phosphate de protoxyde de fer;

2° Que l'addition de moins de 0,002 d'acide acétique étendu suffit pour doubler cette solubilité, mais que la présence de l'acétate neutre d'ammoniaque a pour effet de rendre le phosphate protoxyde de fer moins soluble;

3° Que le phosphate peroxyde de fer lui-même peut être tenu en dissolution dans 12 500 fois son poids d'eau gazeuse chargée d'environ son volume d'acide carbonique ;

4° Que le sulfhydrate d'ammoniaque transforme rapidement les phosphates de fer en phosphate d'ammoniaque très-soluble, et comme il s'en produit toujours pendant la décomposition des engrais animaux qui ont besoin d'être désinfectés, il s'ensuit que l'emploi du sulfate de fer pour cette désinfection ne doit pas nécessairement avoir pour effet, comme on le craignait, de diminuer considérablement la solubilité des phosphates contenus dans ces engrais.

X

Observations théoriques et pratiques sur le plâtrage ou le sulfatage des fumiers et sur la désinfection des vidanges au moyen d'agents chimiques[2]. (1853.)

[1] Insérées par extrait dans les Comptes-rendus de l'Académie des sciences ;
Publiées dans les *Annales de chimie et de physique* (3e série, tome XXXVI) ;
Dans le *Bulletin de la Société d'agriculture et de commerce de Caen* (tome V, 2e partie).

[2] Publiées dans les *Mémoires de la Société d'agriculture et de commerce de Caen* (tome V, 2e partie).

XI

Recherches sur l'ammoniaque de l'atmosphère[1]. (1851-1852.)

Ces recherches, à l'occasion desquelles j'ai imaginé un nouveau système d'aspirateur à bascule, m'ont conduit à ce résultat :

Que, dans le voisinage d'une grande ville (Caen), sous l'influence presque constante de vents tendant à éloigner du lieu des observations les émanations qui auraient pu venir de la ville, l'air peut contenir, comme moyenne de la saison d'hiver, plus de 4 milligrammes et demi d'ammoniaque par mètre cube, c'est-à-dire environ trois millionièmes et demi du poids de l'air.

XII

Nouvelles recherches sur l'ammoniaque atmosphérique[2]. (Présentées à l'Académie des sciences en 1853.)

Dans ces nouvelles recherches, faites à une hauteur plus grande que les premières, et qui ont duré neuf mois, je n'ai trouvé que 2milligr.,62 d'ammoniaque pour 4 015 litres d'air, soit à peu près 65 centièmes de milligrame par mètre cube, ou environ un demi-millionième du poids de l'air.

XIII

Recherches sur la valeur nutritive des différentes parties d'un même fourrage[3]. (Années 1853 à 1855.)

Parmi les résultats généraux auxquels m'ont conduit ces recherches, qui ont été faites sur de nombreux échantillons, je me hornerai à citer les suivants :

1° Pour chaque espèce de fourrage, le regain est toujours plus riche en matières

[1] Ces recherches ont été publiées dans les *Mémoires de la Société linnéenne de Normandie*, etc. ; et dans les *Annales de physique et de chimie* (3e série, tome XXXVI).

[2] Insérées dans les Comptes-rendus de l'Académie des sciences, 1853 ; et dans les *Annales de chimie et de physique* (3e série, tome XXXIX).

[3] Publiées dans les *Mémoires de la Société d'agriculture et de commerce de Caen* (tome VI) ; et par extrait dans les Comptes-rendus de l'Académie des sciences.

azotées que le fourrage coupé en pleine floraison ; le rapport est à peu près celui du simple au double ;

2° Dans les fourrages usuels, fanés, les différentes parties se classeraient dans l'ordre suivant, d'après leur richesse en principes azotés :

1° Fleurs ;	4° Partie supérieure de tiges effeuillées et écimées ;
2° Feuilles ;	
3° Fourrage entier ;	5° Partie inférieure de tiges.

3° Les feuilles et les fleurs réunies contiennent, à elles seules, au *moins la moitié* de la somme entière des matières azotées du fourrage complet, bien que ces deux parties ne constituent pas à beaucoup près la moitié du poids total.

XIV

Recherches sur divers fourrages verts usuels [1]. (Années 1854-1855.)

La valeur nutritive de la plupart des fourrages verts de prairies artificielles, tels qu'on les fait ordinairement consommer, peut être estimée approximativement à un peu moins du tiers de celle des mêmes fourrages fanés, fauchés en pleine floraison, et à la moitié de celle du foin normal du pré naturel — (à poids égal).

Le *seigle vert* non encore épié peut être placé sur la même ligne, ainsi que l'escourgeon vert ; les feuilles des blés trop vigoureux, que l'on rogne avant l'épiage pour les empêcher de verser, ont une valeur supérieure.

L'*ajonc* (ulex europeus), après avoir été broyé, peut marcher de pair avec les regains verts.

XV

Recherches sur la composition des diverses parties d'un certain nombre d'espèces de pailles [2]. (1854-1855.)

Les résultats principaux de ce travail peuvent être ainsi formulés :

Dans les pailles de froment, les différentes parties n'ont pas la même valeur

[1] Publiées dans les *Mémoires de la Société d'agriculture et de commerce de Caen* (tome VI).

[2] Publiées dans les Comptes-rendus de l'Académie des sciences, et dans les *Mémoires de la Société d'agriculture et de commerce de Caen* (tome VI).

comme fourrage et peuvent être classées dans l'ordre suivant, d'après leur mérite :

1° Epis vides ;
2° Feuilles ;
3° Paille entière ;
4° Partie supérieure de la paille effeuillée et étêtée ;
5° Partie inférieure ;

et c'est précisément l'ordre dans lequel ces diverses parties sont fourragées par les moutons, qui ne mangent guère que les deux premières parties, et un peu de la troisième, lorsqu'on leur donne la paille entière.

Dans les autres espèces de pailles qui ne conservent pas leurs feuilles, la partie supérieure a plus de valeur comme aliment, à poids égal, que la partie inférieure.

Comme engrais, ces différentes parties se classeraient aussi dans le même ordre.

Toutes choses égales d'ailleurs, les pailles de même espèce sont d'autant meilleures qu'elles sont moins développées (moins longues et moins grosses), et le rapport peut être celui du simple au double.

Les *balles* pures de froment et les siliques de colza ont une valeur supérieure à celle de la paille, et dans la pratique, les premières sont encore enrichies par des feuilles d'herbes mêlées à la paille et par des grains avortés.

XVI

Recherches analytiques sur diverses graines, et en particulier sur les céréales [1].
(1854 à 1855.)

BLÉS.

Ces recherches, qui ont porté sur une quarantaine de variétés de blés, m'ont conduit à cette conclusion que si, dans l'appréciation du mérite du blé, on fait entrer en ligne de compte son rendement au poids et à la mesure, et sa richesse en azote, le prix offert sur les marchés n'est pas également rémunérateur pour toutes les variétés, et que les différences peuvent être plus grandes qu'on ne le pense généralement.

J'ai trouvé également que la richesse en matières azotées des différentes qualités de blé qu'on peut retirer d'une même récolte provenant d'une variété pure de tout mélange, présentent des différences assez grandes qu'on peut exprimer ainsi :

[1] Insérées par extrait dans les Comptes-rendus de l'Académie des sciences, et publiées dans les *Mémoires de la Société d'agriculture et de commerce de Caen* (tome VI).

Dans les grains les mieux nourris, la proportion d'azote est très-notablement moindre que dans les grains maigres, ridés et imparfaits. Ce fait a été vérifié sur le blé rouge d'Ecosse, sur le blé Chevalier et sur le franc blé barbu de la plaine de Caen.

Cette différence ne paraît pas pouvoir être attribuée à la seule différence de volume des grains, car les grains petits, mais régulièrement conformés, ont donné sensiblement les mêmes résultats que les plus gros grains de la même variété.

Le *sarrasin* peut être mis à peu près sur la même ligne que le blé, sous le rapport de sa valeur nutritive.

AVOINES.

J'ai montré dans ces recherches que, par suite de la différence du poids de l'hectolitre et de la différence de composition, il peut y avoir des écarts de plus d'un cinquième entre des volumes égaux d'avoines appartenant à des variétés différentes, tandis que les différences ne paraissent pas à beaucoup prés aussi grandes, quand on les compare à poids égaux.

Il en résulte que, pour l'achat comme pour la consommation, il est avantageux de substituer les poids aux volumes.

GRAINES DIVERSES.

Parmi les résultats de l'analyse des graines diverses, je me bornerai à citer ceux qui m'ont été fournis par la graine de sainfoin.

Il est admis, dans certains cantons de basse Normandie, qu'un kilogramme de cette graine vaut, pour l'alimentation du cheval, environ trois kilogrammes d'avoine; ce rapport est à peu prés exactement celui de leur teneur en azote.

XVII

Recherches analytiques sur la composition de diverses plantes nuisibles, susceptibles d'être avantageusement employées dans l'alimentation du bétail, et sur l'emploi, comme fourrage, des feuilles d'Orme, de Lierre, de Vigne et de Peuplier[1]. (1856-1857.)

J'ai montré dans ce travail :

1° Que le *gui* des arbres fruitiers doit être, pour les animaux d'espèce bovine, un *excellent* fourrage vert, l'un des plus riches et les moins aqueux que l'on connaisse;

[1] Ces recherches, présentées à l'Académie des sciences, ont été imprimées dans les *Mémoires de la Société d'agriculture et de commerce de Caen* (tome VII).

2° Que la *moutarde sauvage*, qui infeste trop souvent nos récoltes de céréales, est un fourrage vert passable, lorsqu'on n'en prolonge pas trop longtemps l'emploi exclusif;

3° Que le *chardon* ordinaire, lorsqu'il a perdu, par un fanage incomplet, environ 20 pour cent d'eau, peut être placé à côté des fourrages verts et frais des prairies artificielles ;

4° Que l'*ortie* commune, surtout lorsqu'elle est encore tendre, mérite d'être placée, comme le gui, en tête des meilleurs regains de prairies artificielles, et que, comme fourrage fané contenant environ 20 pour cent d'eau, l'ortie serait peut-être le plus riche en azote de tous les fourrages connus ;

5° Que les *feuilles de vigne*, surtout lorsqu'elles sont encore très-tendres, constituent un fourrage vert très-riche, qui peut être avec avantage mêlé avec des aliments secs ; — qu'à l'arrière-saison, lorsque les gelées blanches d'automne n'en viennent pas accélérer la chute, les feuilles de vigne, même à la fin d'octobre, méritent encore le soin avec lequel les vignerons les recueillent pour leurs vaches ;

6° Que les *feuilles d'orme fraîches*, peu de temps avant leur chute, équivalent encore aux meilleurs fourrages verts du printemps; et qu'au mois d'août, les feuilles les plus tendres, bien que renfermant 70 pour cent d'eau, pourraient être mises sur la même ligne que le foin normal fané ;

(Lorsqu'elles sont fanées à la manière des autres fourrages, les feuilles d'orme sont supérieures, à poids égal, aux meilleurs fourrages usuels.)

7° Que les feuilles de *lierre* méritent l'empressement avec lequel elles sont recherchées par les chèvres et par les moutons, puisqu'elles peuvent être placées sur la même ligne que les fourrages verts usuels ;

8° Enfin, que les *feuilles de peuplier du Canada* peuvent être placées à côté des feuilles d'orme comme fourrage, et surtout comme fourrage sec; mais, dans la pratique, l'emploi de ces feuilles doit être alterné avec d'autres aliments, parce qu'il exerce sur le tube digestif des animaux une action un peu irritante.

XVIII

Recherches analytiques sur la valeur comparée de plusieurs variétés de betteraves, et sur la distribution des matières azotées dans les diverses parties de cette plante[1]. (1856-1857.)

Ces recherches, qui avaient porté sur cinq variétés les plus généralement cultivées pour être directement consommées par le bétail, m'ont conduit à classer

[1] Publiées dans les Mémoires de l'Académie des sciences, arts et belles-lettres de Caen, 1857.

ces racines dans l'ordre suivant : 1° betterave jaune longue; 2° betterave globe jaune; 3° betterave globe rouge; 4° betterave blanche de Silésie à collet vert; 5° betterave plate d'Allemagne.

(Il s'agit ici de poids égaux, les betteraves sont effeuillées.)

Dans toutes ces variétés, la partie supérieure au collet, le bourgeon, est plus riche en azote que les autres parties de la betterave, et le rapport est à peu près celui du simple au double.

La partie hors de terre comprise entre le collet et la surface du sol est un peu plus riche que la partie enterrée.

Dans une même variété, les plus petites sont plus riches que les grosses, et ces dernières sont en outre constamment plus aqueuses.

L'effeuillaison, pratiquée avec prudence, dans un terrain très-riche, ne diminue pas d'une manière notable le rendement des racines.

Dans les betteraves, contrairement à ce qui arrive pour la plupart des autres plantes fourragères, les feuilles les plus tendres et les plus jeunes ne sont pas les plus aqueuses, ce sont au contraire les feuilles les plus anciennes, celles de la région inférieure.

XIX

Observations sur le Trèfle incarnat et sur certains accidents auxquels il peut donner lieu[1].

L'analyse comparée des différentes parties de la plante m'a conduit à penser que les accidents observés, de temps à autre, sur de jeunes poulains en liberté, qui mangeaient de préférence et à discrétion les sommités du trèfle incarnat défleuri, peuvent être attribués à ce qu'ils consomment alors un aliment trop substantiel, capable de modifier d'une manière notable la plasticité de leur sang.

L'autopsie des animaux a paru confirmer ces inductions théoriques.

XX

Recherches analytiques sur les vases accumulées dans l'Orne[2]. (Année 1858.)

L'analyse de ces vases, dont la composition ne variait pas d'une manière sensible sur une étendue de plus de deux kilomètres, m'a conduit à ce résultat inattendu,

[1] Publiées dans les *Mémoires de la Société d'agriculture et de commerce de Caen* (tome VII, 1858).

[2] Ce travail a été publié dans le *Bulletin de la Société d'agriculture et de commerce de Caen* (1859).

que leur composition diffère à peine de la partie la plus ténue qu'on peut extraire par le débourbage de la plupart des tangues du littoral du Calvados, de la Manche et d'Ille-et-Vilaine.

Nous avons déjà vu (page 7) que cette partie obtenue par débourbage offre une composition sensiblement constante pour toutes les tangues de ces divers gisements.

La différence la plus importante offerte par la vase de l'Orne consistait en une plus grande richesse en azote, due aux apports des égouts de la ville. Egouttée et desséché au point de ne plus contenir que 40 pour cent d'eau, cette vase représentait, par sa richesse en azote, plus du quart de son poids de fumier.

XXI

De l'emploi, comme fourrage vert, des jeunes pousses de houx (ilex aquifolium)[1].
(Année 1850.)

L'analyse de ces jeunes pousses m'avait conduit à les considérer comme équivalentes à un peu plus de la moitié de leur poids de foin normal fané ; les renseignements pratiques qui me sont parvenus du Morbihan sont venus depuis justifier ces prévisions théoriques.

XXII

De la présence de l'acide butyrique dans certains cidres et dans les eaux de mares; inconvénients qui en peuvent résulter. Présence de cet acide dans les terres, dans les jus de fumiers, et dans les betteraves altérées[2]. (Année 1859.)

J'avais constaté, dès l'année 1852, la présence des butyrates dans les eaux provenant du lessivage des terres ;

J'ai constaté la présence de l'acide butyrique dans les vieilles lies de cidres et dans la terre des celliers à cidre, au-dessous des canelles des tonneaux ;

Enfin, j'en ai trouvé, en 1859, dans des betteraves altérées, dans les jus de fumiers, dans l'eau des mares brunes des cours de fermes, et en proportions d'autant plus considérables, que les purins y avaient un plus facile accès.

[1] Ce travail a été imprimé dans le *Bulletin de la Société d'agriculture et de commerce de Caen* (1859).

[2] Ce travail a été inséré dans les Comptes-rendus de l'Académie des sciences, et dans le *Bulletin de la Société d'agriculture et de commerce de Caen*, pour 1859.

XXIII

Recherches sur les proportions d'azote combiné qui peuvent se trouver dans les différentes couches du sol, soit à l'état de matières organiques, soit à l'état de matières azotées diverses autres que les nitrates[1]. (Année 1859.)

J'ai montré, par les analyses qui forment la base de ce travail, que, sans tenir compte des nitrates, la proportion d'azote combiné qu'on peut trouver dans une terre de bonne fertilité moyenne un peu profonde, peut s'élever à plus de 19 600 kilogrammes par hectare, et que la couche de 25 centimètres comprise entre la profondeur de 75 centimètres et celle de 1 mètre, figure encore dans cette somme pour plus de 2 800 kilogrammes.

Enfin, j'ai montré aussi que la proportion d'azote contenu à l'état de combinaison dans la terre disséminée entre de minces lits de pierres plates, à une profondeur comprise entre un mètre et deux mètres, représenterait encore plus de 1 400 kilogrammes par hectare, si cette terre formait à elle seule, et sans mélange, une couche de 25 centimètres d'épaisseur.

Je crois avoir montré, par ces résultats, comment les plantes à racines pivotantes peuvent trouver, à des profondeurs assez considérables, en proportions importantes, les éléments nécessaires à leur développement, et ajouté ainsi un élément important dans la discussion du pouvoir améliorant des plantes fourragères.

XXIV

Notice sur une nouvelle variété de Fèves rondes violettes, originaires de Novaoë[2] (Nouvelle Icarie). (1857.)

Ce qui paraît devoir les recommander plus particulièrement, après leur goût qui est supérieur à celui de la plupart des fèves ordinaires, c'est la propriété de pouvoir généralement fournir la même année deux récoltes, une première à manger en vert, et l'autre pour graine.

Au lieu de laisser grainer la première coupe, il est préférable de la faire manger en vert et en fleur par les animaux d'espèce bovine.

[1] Ce travail a été inséré dans les Comptes-rendus de l'Académie des sciences; dans le *Bulletin de la Société impériale et centrale d'agriculture de France*, et dans le *Bulletin de la Société d'agriculture et de commerce de Caen* (1859).

[2] Publiée dans les *Mémoires de la Société d'agriculture et de commerce de Caen* (tome VII, 1857).

XXV

Recherches analytiques sur le sarrasin considéré comme substance alimentaire [1].

Ces recherches ont porté sur la graine, sur les divers produits qu'on peut obtenir de la mouture du sarrasin, et sur plusieurs des préparations alimentaires auxquelles ces produits sont susceptibles d'être employés.

Elles peuvent se résumer ainsi :

1° Il existe, entre les principales sortes de farines de sarrasin que l'on trouve habituellement dans le commerce, une différence de richesse en principes azotés que l'on peut évaluer approximativement à 45 pour cent. C'est la plus grossière des deux, la *moins blanche*, qui est *la plus riche en principes azotés*, en *phosphates* et en *matières grasses*; c'est par conséquent la plus nutritive, et l'on comprend dès lors qu'elle puisse constituer l'unique aliment des populations rurales de certains pays;

2° Les préparations connues sous le nom de crêpes ou galettes de sarrasin constituent un aliment comparable au pain ordinaire de Paris, par la proportion de phosphates et de principes azotés qu'il renferme, et qui lui est supérieur par la proportion de matières grasses;

3° Il peut exister entre les divers produits de la mouture du même sarrasin, sous le rapport de leur richesse en principes azotés, en matières grasses et en phosphates, des différences telles que l'un contient *près de sept fois autant* D'AZOTE, *vingt-cinq fois autant de* PHOSPHATES *et cent quinze fois autant de* MATIÈRES GRASSES *que l'autre ;*

4° La farine la plus grosse peut contenir *deux fois et demi autant* D'AZOTE *et de* MATIÈRES GRASSES, et *quatre fois et demi autant de* PHOSPHATES qu'un poids égal du sarrasin l'a fourni;

5° Le son que l'on obtient par la mouture *ordinaire* du sarrasin est plus riche en *phosphates*, en *azote* et en *matières* grasses que le grain entier dont il provient;

6° De même que je l'avais observé pour le froment, les grains de sarrasin les plus beaux, les plus nourris, ne sont pas ceux qui contiennent en plus fortes proportions, relativement à leur poids, les principes auxquels on attribue le plus d'importance pour l'alimentation;

7° Les différences de composition que l'on observe entre les divers produits

[1] Publiées dans le tome VII des *Mémoires de la Société d'agriculture et de commerce de Caen*, 1857.

que l'on peut obtenir de la mouture de sarrasin sont *beaucoup plus tranchées* que les différences analogues constatées jusqu'à ce jour sur les produits de la mouture du froment;

8° La mouture du sarrasin peut fournir une folle farine très-blanche, qui, à l'état normal, ne contient pas plus de 6 grammes et demi d'azote par kilogramme; intermédiaire entre la farine de froment, qui en contient le triple, et la fécule, qui en est presque entièrement dépourvue, elle constitue, pour les très-jeunes enfants délicats, un aliment très-léger supérieur à la plupart des autres préparations féculentes.

XXVI

Etudes expérimentales sur les effets comparés du plâtre et du sulfate de magnésie sur les prairies artificielles, et sur l'influence comparée du sulfate de magnésie et du phosphate ammoniaco-magnésien sur le sarrasin[1]. (Année 1858.)

Il résulte de ces expériences :

1° Que le *sulfate de magnésie* agit avec efficacité sur le trèfle et le sainfoin, et que la dose la plus convenable à employer doit être peu différente de celle qu'on a adoptée pour le plâtre;

2° Que, si le phosphate ammoniaco-magnésien est doué d'un pouvoir fertilisant *considérable* à l'égard du sarrasin, comme je l'avais déjà constaté en 1850, le sulfate de magnésie ne paraît doué, dans cette circonstance, d'aucune efficacité sensible.

XXVII

Recherches analytiques sur le Thé de foin, et sur les pertes et les changements que peut éprouver dans sa composition le foin de prairie naturelle, lorsqu'il est traité, soit par l'eau chaude, soit par l'eau froide[2].

J'ai montré, dans ce travail, que le foin sec peut perdre, sous l'influence de l'eau froide, environ 20 pour cent de son poids, sans paraître pour cela notablement avarié.

Il perd ainsi le *tiers* des matières *azotées* qu'il contenait primitivement, les *neuf dixièmes* de sa *potasse* et de sa *soude*, les quatre cinquièmes de sa *magnésie*, près

[1] Publiées dans les *Mémoires de la Société d'agriculture et de commerce de Caen* (tome VII).
[2] Publiées dans le même recueil, même tome.

du tiers de sa chaux, et environ les deux tiers de son ecida phosphorique ; et l'ensembla da ces divers matières doit former la partie la plus facilement assimileble.

Pour constituer, par une infusion de foin, une boisson contenant la même proportion de principes azotés qu'un litre de lait de vache, il faudrait employer le résultat du traitement de deux kilogrammes de bon foin. Mais si, dans une boisson ainsi préparée, on trouve la même proportion de matières azotées que dans le lait de vache, il s'y trouverait *quinze fois* plus de substances salines, deux fois plus de phosphates, et una proportion plus considérable de principes enalogues en sucra.

Une pareille boisson doit donc être éminemmant retionnelle pour l'élevege des jeunes veaux, comme l'avait déjà reconnu par expérience M. Perrault da Jotemps.

XXVIII

Considérations générales sur les différences de valeur alimentaire que l'on peut observer dans les fourrages désignés sous le même nom.— Influences que peuvent exercer sur certaines maladies du sang les fourrages très-nutritifs de certains pays [1]. (1858.)

Ja me suis trouvé conduit, par les recherches qua résument ces considérations, à diverses conséquences dont les plus importantes sont les suivantes :

1° De deux échantillons de fourrages de même nom, parvenus chacun eu même état de développement, mais de hauteur très-inégale, par suite de la différence de fertilité des sols qui les ont produits, *le moins élevé sera le plus riche en principes azotés, en phosphates et en matières minérales de toutes sortes*, à poids égal.

2° La différence da composition chimique est ordinairement plus grande encore à l'état vert qu'à l'état sec.

3° Si, d'un antre côté, on se rappelle que dans les pays secs, où la mortalité des animaux d'espèce ovine et bovine est très-grande, *les fourrages et les herbes ne parviennent qu'à une faible hauteur*, et que l'on a souvont vu la mortalité diminuer ou même disparaître lorsque, sans changer la nature des plantes fourragères, on est parvenu à en activer la croissance, il semble permis de voir, dans la trop granda richesse des fourrages, la canse da la trop grande plasticité du sang qui sa manifeste dans cette désolante meladie du bétail.

[1] Publiées dans le *Bulletin de la Société d'agriculture et de commerce de Caen* (1858).

XXIX

Du sorgho sucré comme fourrage[1]. (1858.)

Les études auxquelles je me suis livré sur cette plante m'ont conduit à reconnaître que, pour donner des résultats satisfaisants, le sorgho prélève sur le sol *près de trois fois autant* d'azote et de phosphates qu'une bonne récolte de blé (paille et grain).

Comme, par suite de la forme des racines du sorgho, l'épuisement s'opère plus spécialement dans la couche où puisent les racines du blé lui-même, la place du sorgho comme fourrage, dans un assolement rationnel, est très-difficile à déterminer.

C'est donc une plante dont l'emploi, comme fourrage, devra être limité aux cas où l'on disposera d'une masse d'engrais considérable.

Du reste, à part cette difficulté, l'analyse indique que, comme fourrage vert, le sorgho se place sur la même ligne que les meilleurs, et que comme fourrage fané il n'a guère de supérieur.

XXX

Quelles ont été jusqu'à ce jour, et quelles peuvent être dans l'avenir, sur la production agricole du Calvados, particulièrement pour la plaine de Caen, les conséquences de l'extension donnée à la culture du colza?[2] (Question mise à l'étude par la Société d'agriculture et de commerce de Caen. (1857-1859.)

Je crois avoir démontré dans ce travail, par des considérations basées sur des analyses qui me sont propres, sur la statistique locale et sur l'observation directe des faits :

1° Que l'extension de la culture du colza ne paraît pas avoir réagi d'une manière bien authentique sur le prix des céréales dans la plaine de Caen ; du moins il ne paraît y avoir aucun rapport facile à saisir entre ces deux ordres de faits ;

2° Que la culture du colza paraît avoir été, dans le département du Calvados, et surtout dans l'arrondissement de Caen, l'origine d'un mouvement commercial et industriel considérable, et la source d'améliorations matérielles notables dans la situation des travailleurs ruraux ;

[1] Ce travail a été publié dans le *Bulletin de la Société d'agriculture et de commerce de Caen* (1858).
[2] Ce mémoire a été publié dans le même recueil (1859).

3° Que cette culture a contribué également d'une manière efficace aux progrès de l'agriculture du pays, en faisant comprendre aux cultivateurs les avantages des *fortes fumures* et de la variété des produits;

4° Qu'elle a exercé une influence très-marquée sur la population animale de l'arrondissement, et surtout sur l'espèce ovine, dont elle a considérablement restreint l'élevage, par suite de suppression *effective* de la vaine pâture;

5° Que la cultnre du colza ne peut être réellement avantageuse pour le cultivateur, qu'à la condition d'y consacrer une quantité d'engrais suffisante, et quiconque ne voudra pas faire, sous ce rapport, les avances nécessaires, fera mieux de renoncer à la culture de cette plante industrielle;

6° Que la culture du colza est beaucoup plus épuisante que celle des céréales, et que sa répétition trop fréquente et trop longtemps prolongée sur le même sol pourrait conduire à des conséquences graves, au point de vue de la fécondité de celui-ci;

7° Que, dans l'état actuel des choses, c'est surtout par la diminution des phosphates que l'épuisement du sol a lieu dans l'arrondissement de Caen, et que cet épuisement est, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus rapide que les récoltes sont plus abondantes, si l'on ne fait pas intervenir d'engrais très-phosphatés;

8° Enfin que cet épuisement serait beaucoup moindre si, à l'exception de l'huile, on restituait au sol qui les a produits, les pailles, les siliques et les tourteaux.

XXXI

Analyse du tourteau de graine de moutarde sauvage[1]. (1857-1860.)

La graine de moutarde sauvage, perdue presque partout, est recueillie dans la basse Normandie pour les fabriques d'huile.

J'ai constaté que son tourteau est notablement inférieur, comme engrais, à celui de colza, sous le double rapport de l'azote et des phosphates.

Ce qui contribue beaucoup à cette infériorité, c'est que la graine de moutarde sauvage, à raison de sa petitesse, est plus difficile à nettoyer, et qu'elle laisse habituellement à désirer sous ce dernier rapport.

La composition de son tourteau en est aussi moins constante.

[1] Publiée dans le *Bulletin de la Société d'agriculture et de commerce de Caen*, 1861.

XXXII

Du mélilot jaune comme fourrage[1]. (1860.)

La valeur, comme fourrage, du mélilot jaune, pour les animaux d'espèces ovine et bovine, est à peu près celle de la luzerne; mais il serait plus difficile d'en obtenir des récoltes régulières aussi abondantes, et dans les terrains pauvres où le mélilot se plaît, il ne fournirait qu'un produit un peu incertain.

XXXIII

Analyse d'un guano artificiel[2]. (1861.)

Cet engrais, moins homogène que le guano naturel du Pérou, constituait néanmoins un engrais comparable, par sa composition, aux guanos de deuxième qualité.

XXXIV

Analyse des tourteaux de quelques graines oléagineuses nouvellement introduites dans le commerce[3]. (Années 1860 et 1861.)

Les graines qui avaient produit ces tourteaux sont celles du *béraf* ou melon du Sénégal, du *Niger* de l'Inde, un mélange de *colza* brun et de colza blanc de la même provenance, connu sous le nom de colza panaché de Bombay; enfin la graine du pavot de l'Inde.

Il est résulté de ces analyses que :

1° Comparé à nos tourteaux d'œillette indigène, le *tourteau de pavot de l'Inde* n'offre rien de particulier dans sa richesse en phosphates; mais il paraît notablement plus riche en azote;

2° Le *tourteau de colza panaché* de Bombay, dont la richesse en phosphates ne diffère pas sensiblement de celle de nos tourteaux de colza indigène, présente, au

[1] Note publiée dans le *Bulletin de la Société d'agriculture et de commerce de Caen.*
[2] Publiée dans le même recueil, 1861.
[3] Publiée dans le même recueil, 1862.

contraire, sous le rapport de sa richesse en principes azotés, une différence notable *en plus*, qu'on peut évaluer à environ 17 pour cent de cette dernière.

3° Le *tourteau de Niger*, par sa richesse en azote, et par sa richesse en phosphates, peut être placé sur la même ligne que nos meilleurs tourteaux de colza indigène, s'il ne leur est même supérieur ;

4° Enfin le *tourteau de béraf*, le moins riche des quatre, soit en principes azotés, soit en phosphates, contient cependant autant d'azote en combinaison que le tourteau de colza ordinaire, mais il est notablement plus pauvre en phosphates.

XXXV

Notice sur l'emploi de l'urine dans l'alimentation des animaux d'espèce bovine [1].
(1861.)

Il résulte de l'enquête et des comparaisons analytiques auxquelles je me suis livré, ainsi que des faits que j'ai été à même d'observer :

1° Que l'urine humaine peut, dans l'alimentation des jeunes veaux d'élève, remplacer dans la proportion d'un cinquième le lait qu'on leur donne, sans inconvénient pour leur santé ;

2° Que la viande des veaux soumis à ce régime est plus rouge que celle des veaux élevés au lait pur ;

3° Qu'en arrosant avec de l'urine les fourrages destinés aux animaux adultes, on les rend plus appétissants, sans inconvénients pour leur santé ni pour leurs produits, et qu'on peut ainsi leur faire consommer facilement des fourrages de basses qualités qu'ils auraient rebutés sans cette préparation.

Les Romains allaient encore plus loin dans cette voie, puisque Varron disait, dans son Economie Rurale : *Ego arbitror præstare stercus ex aviariis turdorum ac merularum quod non tantum ad agrum utile, sed etiam ad* CIBUM *ita bubus et suibus, ut fiant pingues.*

XXXVI

De la renouée (herbe de fer, sarrasin des oiseaux) comme fourrage [2]. (1861.)

Il résulte de mes observations pratiques et de l'analyse, que :

1° Le sarrasin des oiseaux ou herbe de fer, qu'on trouve sur le bord des che-

[1] Publiée dans le *Bulletin de la Société d'agriculture et de commerce de Caen*, 1862.
[2] Travail publié dans le même recueil, 1861.

mins, constitue un bon fourrage vert, recherché par les animaux d'espèce ovine, et surtout par les animaux d'espèce bovine;

2° Par sa composition chimique, il viendrait se placer à côté de la luzerne, du trèfle et du sainfoin coupés en vert;

3° Celui qu'on trouve dans les chaumes des céréales au mois de septembre n'a pas tout à fait la même valeur comme fourrage; cependant il pourrait prendre place à côté des foins communs de prairies naturelles;

4° Enfin le produit du ratissage des chaumes où domine le sarrasin des oiseaux, lorsque ce ratissage est fait en septembre par un beau temps, paraît constituer, après sa dessiccation spontanée, un fourrage qu'on peut estimer approximativement, suivant l'abondance des herbes, aux deux tiers ou aux trois quarts de son poids de foin ordinaire.

XXXVII

Recherches expérimentales sur le poids des blés mouillés [1]. (1860-1861.)

Ces recherches, faites sur cinq variétés de blé de natures différentes, soumis à un trempage un peu prolongé ou à des mouillages momentanés successifs, m'ont conduit à des résultats qui peuvent se résumer de la manière suivante :

1° La dessiccation ou l'étuvage d'un blé récolté dans des conditions normales ne paraît pas en faire varier d'une manière notable le poids de l'hectolitre, et il paraît alors s'établir, entre la perte d'eau hygrométrique et le volume du grain, une sorte de compensation d'où il résulte que, si chaque grain a perdu de son poids, la diminution de volume correspondante permet d'en faire entrer dans un hectolitre un nombre plus considérable, et presque exactement suffisant pour compenser la perte de poids due à la dessiccation;

2° Il n'en est plus de même lorsque le blé a été soumis à l'influence d'un excès d'humidité par trempages, mouillages, etc.; le poids de l'hectolitre subit alors une diminution assez considérable, à mesure que le blé contient une plus forte proportion d'eau, et ce poids augmente ensuite beaucoup, lorsque la proportion d'eau vient à diminuer;

3° Toutefois, le poids de l'hectolitre reste toujours inférieur à celui du même blé non mouillé, mais considéré au même degré d'humidité, et la différence peut s'élever jusqu'à 7 ou 8 pour cent du poids total.

Ce résultat si général, que le blé qui a été soumis à un trempage ou à des mouillages ne reprend jamais son volume ou son poids apparent primitif, est d'ac-

[1] Publiées dans le *Bulletin de la Société d'agriculture et de commerce de Caen*, 1862.

cord avec le fait de pratique ancienne, que les blés, lorsqu'ils sont récoltés par des temps pluvieux, sont généralement plus légers que lorsqu'ils ont été récoltés par un temps sec ;

4° Les mouillages semblent tendre à faire disparaître la différence de poids qui peut exister, à l'état normal, entre l'hectolitre de blé de variétés différentes, lorsque après ces mouillages on ramène le grain à ne plus contenir qu'environ 15 pour cent d'eau ; toutefois, cette sorte d'égalité factice, qui cesse de se maintenir lorsque le grain contient une proportion d'humidité plus forte ou plus faible que 15 pour cent, constitue un fait assez singulier, qui demanderait à être vérifié sur un plus grand nombre de variétés ;

5° Le peu de variation que subit le poids de l'hectolitre d'un même blé récolté et conservé dans des conditions normales, lorsqu'on le considère dans des états très-différents de siccité, justifie le grand avantage que trouve le consommateur à préférer *le blé le plus sec s'il achète à la mesure.* — L'avantage qu'il trouve à préférer le blé sec, lorsqu'il achète au poids, est trop évident pour qu'il soit nécessaire de nous y arrêter ;

6° Les variations de poids que les blés sont susceptibles de subir sous l'influence de l'humidité paraissent, en général, d'autant moins étendues que les blés sont plus riches en principes azotés ;

7° Les blés durs contiennent généralement moins d'eau hygrométrique que les autres ; ils sont moins sensibles à l'humidité, plus riches en principes nutritifs à poids égal ; ils mériteraient donc, à ce titre, la préférence de la part des consommateurs. Mais dans les conditions qui servent aujourd'hui de bases aux transactions de cette nature, le producteur n'a aucun intérêt à livrer aux consommateurs des blés de cette nature, ou généralement des blés riches en matières azotées, et par cela même riches en phosphates ; ces variétés sont plus épuisantes pour le sol, à rendement égal ; elles sont presque toujours dépréciées sur le marché comme pesant souvent moins à l'hectolitre, et comme donnant une farine moins blanche que celle des blés à écorce tendre.

8° Enfin la vente du blé au poids est certainement préférable à la vente à la mesure ; mais l'ensemble des résultats de mon travail, en fournissant quelques arguments nouveaux à l'appui de la justesse et de l'utilité de cette mesure, nous paraît encore avoir établi que les transactions seraient encore plus équitables si au poids brut, et en dehors de la qualité apparente du grain, venaient s'ajouter certaines données relatives à l'état hygrométrique réel, que les hommes les plus experts ne sauraient évaluer à première vue avec une rigoureuse exactitude.

XXXVIII

Études sur le colza (Première partie [1]).

Dans cette première partie de mes études (commencée vers 1852 et terminée en 1859), je m'étais proposé de suivre, *à diverses époques du développement du colza, la production et la répartition, dans ses différentes parties, de la matière organique, des substances azotées et des principes minéraux les plus importants,* et je m'étais trouvé conduit aux conclusions qui suivent :

Lorsqu'on divise le colza en plusieurs parties ainsi délimitées :

1° Pieds;

2° Tiges effeuillées et étêtées, coupées à la hauteur du collet de la racine ;

3° Sommités des tiges coupées au-dessous des plus basses fleurs ou des plus basses siliques;

4° Feuilles vertes ;

5° Feuilles mortes,

Et qu'on examine la plante à diverses époques de son développement, on trouve :

1° Que le poids total de la matière, considérée en *vert,* atteint son maximum vers l'époque de la formation des graines;

2° Que le poids total de la matière *sèche* des *pieds* ou racines atteint également, à cette époque, un maximum au-dessous duquel il se maintient jusqu'à la maturité de la plante;

3° Que c'est encore à cette époque que le poids total de la matière *sèche* des *tiges* nues et étêtées paraît atteindre son maximum, pour diminuer ensuite d'une manière notable jusqu'à la complète maturité ;

4° Que le poids de la matière sèche des *sommités* des rameaux munis de leurs fleurs ou de leurs siliques pleines augmente rapidement depuis le moment de l'apparition des boutons à fleurs, jusqu'à l'époque de la récolte ; c'est ainsi que, dans mes expériences, cet accroissement a été de 600 pour cent du 22 mars au 6 mai 1859, et qu'ensuite ce poids a plus que doublé depuis le 6 mai jusqu'au 20 juin ;

5° Que la proportion de matières organiques contenue dans chaque kilogramme de matière verte augmente avec l'âge, et cela tout aussi bien dans les plantes faibles que dans les plantes vigoureuses; cette proportion de matière sèche est même plus

[1] Publiées dans le *Bulletin de la Société linnéenne de Normandie*, 1860;
Dans les *Annales de chimie et de physique*, tome LX, 3e série.
Dans le *Bulletin de la Société d'agriculture et de commerce de Caen*, 1862.

considérable dans les plantes faibles que dens les plus fortes, ce que j'avais déjà eu l'occasion de consteter dans un assez grand nombre de plantes d'espèces diverses, et particulièrement dans la betterave, dans le trèfle, dans la luzerne et dans le sainfoin.

Azote combiné. — 1° En considérant la plante *verte*, la proportion d'azote par kilogramme de matière diminue constamment dans le pied, dans la tige effeuillée et étêtée, dans les sommités des rameaux portant fleurs ou siliques pleines, et, dans la plante considérée dans son entier, la diminution pareît s'arrêter au moment de la chute des feuilles, pour faire place à une légère augmentaion;

2° En considérant la plante *sèche*, la diminution se manifeste à la fois dans toutes les parties;

3° Si, au lieu d'un poids déterminé de telle ou telle partie de la plente, on prend *une récolte entière*, la quantité *totale* d'azote fournie par les pieds va toujours en diminuant, au point d'être, à la fin des expériences, presque rédnite à la moitié de ce qu'elle était au commencement, bien que le poids des recines ait augmenté;

4° Dans les tiges nues et étêtées, la quantité totele d'azote augmente jusqu'à l'époque de la formation des graines, pour diminuer ensuite considérablement, jusqu'à l'époque de la maturité; cette quantité d'azote descend même alors au dessous de ce qu'elle était trois mois auparavant, bien que le poids de la matière organique sèche ait triplé pendant cet intervalle de temps;

5° L'accroissement du poids *total* de l'azote est continu dans les sommités des rameaux, qui contiennent, à l'époque de la meturité, plus des quatre cinquièmes de l'azote de la plante, dont elle ne forment cependant que la moitié en poids de matière sèche.

Substances minérales. — 1° Dans les racines, soit à l'étet vert et frais, soit à l'état sec, la proportion de substances minérales contenues dans un kilogramme de matière n'éprouve que des variations insignifiantes pendant les trois derniers mois de végétation du colza;

2° Dans les tiges étêtées dépourvues de leurs feuilles, la *proportion* des matières minérales, à peu près coustante quand les tiges sont vertes, va constamment en diminuant quand on les examine sèches, tandis que le *poids total* des cendres de la récolte atteint, dans ces tiges, un maximum à l'époque de la formation de la graine, et diminue ensuite jusqu'à la maturité;

3° Dans les sommités des rameaux, la *proportion* des cendres fournies par un kilogramme de matière sèche va constamment en diminuant, tandis que le *poids total* de ces substances éprouve un accroissement continuel et considérable; au moment de la maturité, cette partie de la récolte contient près de *dix-huit fois* plus de

substances minérales qu'elle n'eu contenait trois mois auparavant, et prés des trois cinquiémes de ce qui se trouve dans la récolte de la plante entière.

Acide phosphorique. — 1° Quand on considère la plante verte et fraîche, on y voit la proportion d'acide phosphorique atteindre, dans les racines et dans les tiges nues, vers l'époque de la formation de la graine, un maximum auquel correspond, au contraire, un minimum dans les sommités des rameaux.

2° Lorsqu'on examine, au contraire, la matière sèche, on voit l'appauvrissement se manifester à la fois sur les trois parties.

3° Le poids total de l'acide phosphorique atteint, dans les racines et dans les tiges, une valeur maxima qui correspond à l'époque de la formation des graines, et redevient ensuite, à l'époque de la maturité, sensiblement égal à ce qu'il était trois mois plus tôt, bien que, pendant ce laps de temps, le poids de la matière sèche qui compose cette plante ait *plus que triplé;* la diminution paraît s'y faire sentir encore alors qu'elle a déjà cessé dans les racines.

4° La *masse totale* de l'acide phosphorique éprouve, dans les sommités des rameaux, un accroissement non interrompu, et devient, en moins de trois mois, *vingt fois plus considérable* qu'au début des observations.

Chaux. — 1° Considérée dans son entier, soit à l'état vert, soit à l'état sec, la plante offre un *maximum* de richesse en chaux vers le moment de la formation des graines, et cette richesse décroît ensuite jusqu'à l'époque de la maturité.

2° A cette même époque de la formation des graines correspond, au contraire, un *minimum* de richesse en chaux dans les sommités des rameaux.

3° La quantité *totale* de chaux contenue dans la récolte arrive à son *maximum*, dans les tiges non étêtées, vers cette même époque de la formation des graines, pour décroître ensuite jusqu'à la maturité, malgré l'accroissement du poids de la matière organique réelle.

Sels alcalins. — 1° En laissant de côté les feuilles, dont l'état de maturité offre toujours quelque incertitude, la proportion de sels alcalins contenue dans le colza pris à l'état vert et frais, ou lorsqu'il est complètement dépouillé d'humidité, va constamment en diminuant depuis l'apparition des boutons à fleurs jusqu'à la maturité, dans le pied, dans les tiges et dans les sommités des rameaux.

2° Lorsqu'au lieu de considérer la proportion relative, on considère la proportion totale des sels alcalins contenus dans chaque partie de la récolte entière prise aux diverses époques de mes observations, il est facile de reconnaître, en parcourant les tableaux que renferme le mémoire, que le *poids total* des sels alcalins varie peu dans les racines, et qu'il tendrait plutôt à diminuer qu'à augmenter après la formation de la graine;

3° Dans la tige, au contraire, après avoir plus que doublé à cette époque, depuis

l'origine des observations, le poids total des sels alcalins a diminué de plus d'un tiers lorsqu'on arrive à l'époque de la maturité;

4° Dans la partie supérieure de la plante, le poids total des sels alcalins, pendant les trois derniers mois de la végétation du colza, décuple de valeur au moins.

Observation générale. — Il semble résulter de ce qui précède que *c'est surtout à l'époque de la formation de la graine que s'effectue avec le plus d'énergie, de la tige de la plante vers sa partie supérieure, le transport des matières azotées, des substances minérales, des phosphates ou de l'acide phosphorique, de la chaux et des sels alcalins.*

Javelage. — Pendant la dessiccation lente en javelles du colza coupé vers l'époque de la maturité de la graine, il ne paraît pas y avoir transport sensible de matières azotés de la tige vers la partie supérieure de la plante.

Repiquage. — Le plant de colza, lorsqu'il est très-vigoureusement développé au moment de la transplantation, peut déjà contenir alors une très-forte partie des éléments constitutifs que l'on rencontrera, huit mois plus tard, dans la plante parvenue à maturité; c'est dans les organes foliacés des plantes, surtout, que se trouvent accumulés tous ces principes, et particulièrement les matières azotées.

Brûlis des siliques, enlèvement des pieds. — Le brûlis sur place des siliques de colza, et l'emploi, trop général aujourd'hui, des pieds et même de la paille comme combustibles, doivent être considérés comme un véritable gaspillage très-préjudiciable aux intérêts de l'agriculture.

XXXIX

Etudes sur le colza (Deuxième partie [1]).

Dans cette seconde partie de mes études sur le colza, je me suis proposé de suivre, dans la plante, la *production des matières grasses, les proportions et la répartition de ces matières dans les différentes parties de la plante,* aux diverses époques *de son développement;* je me suis trouvé conduit ainsi à des conséquences dont voici quelques-unes des plus évidentes :

1° Depuis l'approche de la floraison du colza jusqu'à la maturité de ses graines, les diverses parties de la plante se classent *toujours,* d'après leur plus grande *ri-*

[1] Publiées dans le *Bulletin de la Société linnéenne de Normandie,* 1862.
Et dans le *Bulletin de la Société d'agriculture et de commerce de Caen,* 1862.

chesse en matières grasses à poids égal, dans l'ordre suivant : en première ligne, les sommités des rameaux portant leurs fleurs ou leurs siliques pleines ; ensnite les feuilles ; enfin, à peu près sur la même ligne, les tiges nues et étêtées et les racines coupées à la hauteur du collet.

2° Dans les racines, la proportion de matières grasses qu'on peut extraire d'un même poids de plantes sèches décroît lentement, mais assez régulièrement, à mesure que la plante avance vers le terme de la maturité.

3° Le *poids total* des matières grasses contenues dans cette partie de la plante croît sensiblement jusqu'à la floraison, époque de son maximum, pour décroître ensuite jusqu'à la maturité.

4° Dans les tiges et rameaux étêtés, la proportion et le poids total des matières grasses suivent une marche tout à fait semblable, c'est-à-dire que la proportion de matières grasses contenues dans un même poids constant de matières organiques sèches décroît constamment et lentement depuis la quinzaine qui précède la floraison jusqu'à la maturité, tandis que le *poids total* des matières grasses contenues dans cette partie de la plante atteint, vers la fin de la floraison, un *maximum* auquel succède un décroissement continu jusqu'à la maturité.

5° Dans les sommités des rameaux, en y comprenant, suivant l'époque des observations, les fleurs ou les siliques portant leurs graines, la *proportion* de matières grasses contenues dans un poids donné de plantes sèches paraît diminuer d'une manière sensible vers la fin de la floraison, pour augmenter ensuite rapidement jusqu'à l'époque de la maturité.

6° Si, au lieu de comparer les quantités de matières grasses contenues dans un poids constant de substances organiques sèches, on considère le *poids total* des matières grasses contenues dans un *nombre déterminé* de plantes, on trouve que ce poids augmente constamment dans les sommités des rameaux, depuis l'apparition des fleurs jusqu'à la maturité de la graine.

7° La proportion de matières grasses contenues dans la feuille de colza ne varie pas sensiblement pendant les deux ou trois derniers mois d'existence de la plante, tant que les feuilles sont abondantes, aussi longtemps que ces organes fonctionnent d'une manière active et efficace.

8° Lorsque les feuilles, devenues jaunes, se détachent spontanément de la plante, la proportion de matières grasses qui s'y trouve paraît atteindre une limite constante, plus faible d'environ 9 pour cent que dans les feuilles actives.

9° Les feuilles sont les seules parties de la plante dans lesquelles il m'ait été donné d'observer cette constance de richesse en matières grasses, du moins en nous plaçant dans les conditions que j'ai eu soin de définir précédemment.

10° Si, dans une plante entière, on fait la part de chacune des subdivisions, on

trouve que la partie aliquote des matières grasses imputable aux feuilles actives peut s'élever jusqu'aux trois quarts quinze jours avant la floraison ; elle atteint encore la moitié environ au moment où la plante est en pleine fleur; mais cette aliquote diminue rapidement ensuite, parce que le poids des feuilles est une partie de moins en moins considérable du poids de la plante.

11° La partie aliquote de matières grasses imputable aux sommités des rameaux représente à peine un neuvième quinze jours avant la floraison; elle atteint le chiffre d'environ 50 pour cent quand la floraison est terminée ; elle peut dépasser 98 pour cent au moment de la récolte.

12° Jusqu'à la fin de sa floraison, la proportion moyenne de matières grasses contenue dans un poids déterminé de plantes considérées dans leur entier ne subit que des variations peu importantes; mais elle augmente ensuite rapidement jusqu'à la maturité.

13° C'est après la formation de la graine, surtout, que paraît se faire avec une grande activité l'élaboration de la matière grasse; la production de chaque jour, pendant les deux dernières semaines, est environ *quatre-vingt-neuf fois* plus considérable que pendant la quinzaine qui précède la floraison.

14° Le javelage, c'est-à-dire la dessiccation lente et spontanée à l'air libre, en javelles, ne paraît avoir aucune influence bien marquée sur la richesse en matières grasses des différentes parties de la plante; du moins il ne m'a pas été possible de constater dans cette plante, *qui contient encore les* QUATRE CINQUIÈMES *de son poids d'eau* quand on la coupe, un indice positif de transport de matières grasses de la tige ou des rameaux vers les sommités qui portent les siliques.

J'avais déjà constaté, dans la première partie de ces études, un résultat semblable pour ce qui concerne les phosphates et les principes azotés.

15° Si, comme on le croit généralement, le javelage améliore la qualité de la graine au point de vue industriel, il ne paraît exercer aucune influence bien évidente sur sa richesse en huile.

J'ai représenté graphiquement, dans mon travail, par des courbes, les principaux résultats de mes nombreuses expériences, et parmi les remarques auxquelles ces courbes peuvent donner lieu, je me bornerai à signaler les suivantes :

Il paraît exister entre l'azote, le phosphore et les matières grasses, dans l'organisme de la plante qui nous occupe, d'intimes rapports par suite desquels nous voyons, dans certaines parties de la plante, les courbes qui représentent les quantités totales de ces substances affecter la même forme, rester presque constamment parallèles.

La *diminution simultanée* du poids total des matières grasses, des phosphates et des matières azotées que renfermaient les racines et les tiges, à partir du moment

où la plante est complétement défleurie, malgré l'*accroissement* de poids qu'éprouvent encore ces parties de la plante, me paraît un des faits les plus propres à mettre en évidence un transport actif de ces matières, et surtout des principes minéraux, des parties moyennes ou inférieures de la plante vers la partie supérieure, pendant toute la durée de la végétation.

XL

Etudes sur le Colza (Troisième partie [1].)

Dans cette troisième partie, je me suis proposé d'étudier la *composition de la graine*, et de suivre les *variations qui se manifestent dans cette composition pendant que la graine se développe, et parcourt successivement les diverses phases qui la conduisent jusqu'à sa parfaite maturité.*

Cette étude m'a conduit à des résultats qui peuvent se résumer ainsi :

1° A partir du moment où le poids moyen de chaque graine de colza s'élève à environ un demi-milligramme, jusqu'à la semaine qui précède l'époque habituellement adoptée pour la récolte, la *proportion d'huile contenue dans un poids donné de graines suit une marche constamment ascendante*, et l'accroissement peut s'élever à plus de 350 pour cent de la richesse initiale ;

2° La *richesse* en huile de la graine ne paraît plus éprouver d'accroissement appréciable pendant la dernière semaine de végétation de la plante, bien que le poids de la graine puisse encore augmenter d'environ 20 pour cent ;

3° Les proportions d'azote, d'acide phosphorique, de potasse et de chaux suivent, au contraire, *une marche décroissante* jusqu'à la dernière semaine de végétation, pendant laquelle elles restent sensiblement constantes ;

4° Si, au lieu de considérer la graine, on considère le tourteau qui en provient après complet épuisement de matières grasses, on y voit les *proportions* d'azote, d'acide phosphorique et de chaux croître jusqu'à ce que la graine ait acquis environ les deux tiers de son développement, puis rester ensuite à peu près stationnaires.

La proportion de potasse, au contraire, va constamment en diminuant depuis le commencement des observations jusqu'à la maturité de la graine, et la diminution finale représente environ 40 pour cent de la proportion initiale de potasse ;

5° En comparant entre elles, *non plus les proportions relatives* des divers prin-

[1] Publiées dans le *Bulletin de la Société d'agriculture et de commerce de Caen*, 1863.

cipes constitutifs d'un même poids de graines, mais les *quantités totales* de ces divers principes contenus dans des récoltes formées d'un même nombre de graines diversement développées, j'ai trouvé que les angmentations de poids de ces différentes substances ne se faiseient ni dans le même rapport que celui de la graine, ni dans un même rapport entre eux. Ainsi, pendant que le poids de la graine angmente dans le rapport de. . . . . 1 à 7[1]

Celui de l'huile croît dans le rapport de. . . . . 1 à 33

Celui de la cheux, dans le repport de . . . . 1 à 6,5

Celui de l'acide phosphorique, dans le rapport de. . . . 1 à 5,5

Celui de l'azote, dans le rapport de. . . . . 1 à 4,75

Celui des metiéres organiques autres que l'azote et les matières grasses, dans le rapport de. . . . . 1 à 4

Enfin celui de la potasse, dans le repport de. . . . . . . 1 à 2,5 environ.

6° L'eccroissement de poids de la potesse contenue dans une récolte de graines aemble s'arrêter avent la maturité de ces dernières, alors que le poids de chacun des autres principes constitutifs n'est encore pervenu qu'aux trois quarts de la limite qu'il doit etteindre à l'époque de la maturité de la plante ;

7° Le poids de l'huile contenue dens une récolte de graine augmente jusqu'à l'époque de la maturité, ainsi que le poids de la récolte elle-même, tandis que nous venons de voir plus haut que le richesse en huile de la greine cesse d'augmenter.

Peudent la dernière semaine, il y a donc, pour le cultivateur, avantage à ne récolter son colza que lorsque la graine est parvenue à son entier développement; il obtient ainsi davantage de graine sans que cet accroissement de poids se fasse aux dépens de la qualité.

8° Par le javelage, la richesse en huile ne peraît pas eugmenter dans la graine, mais, comme celle-ci peut eucore éprouver, pendant cette sorte de lente agonie de la plante, un accroissement sensible de poids, il s'ensuit que le masse d'huile produite par la récolte peut encore éprouver elle-même une légère augmentation pendant le temps qui s'écoule entre le coupe de la plante et le battage de la récolto.

9° Eu nous reportant, par la pensée, aux résultats obtenus dans les premières parties de ce travail, nous y voyons *diminuer simultanément*, et dans une proportion assez considérable, dans la pertie inférieure de le plante qui se termine aux plus basses siliques :

Le poids des matières grasses contenues dans la récolte de cette partie de la plante;

[1] De un demi-milligramme à trois milligrammes et demi.

Le poids de l'azote, celui de l'acide phosphorique, celui de la chaux et celui des sels alcalins;

Cette diminution *progressive et continue* paraît commencer vers l'époque de la formation de la graine et dure jusqu'au moment de la récolte.

10° En rapprochant ce dernier résultat de ceux qne nous venons de résumer plns hant, on se trouve conduit à admettre que, pendant les derniéres semaines de la végétation de la plante, la plupart des éléments constitutifs dont la graine s'enrichit doivent provenir en très-grande partie, si ce n'est entiérement, de la masse des principes similaires accumulés, et en quelquc sort eemmagasinés dans la partie supérieure des rameaux jusqu'à l'époque de la floraison et de la formation de la graine.

XLI

Observations expérimentales sur le dégagement de l'acide carbonique par la graine de colza, sous l'influence de l'air [1].

Ces observations, faites sur de la graine récoltée et conservée dans de très-bonnes conditions de siccité, m'ont conduit aux résultats suivants :

1° La graine de colza, méme lorsqu'elle est parvenue à son état hygrométrique normal, absorbe l'oxygène de l'air et dégage de l'acide carbonique;

2° Cette absorption d'oxygéne et ce dégagement d'acide carbonique, qui commencent immédiatement aprés la récolte, se manifestent encore au bout de cinq mois avec une intensité peu différente de ce qu'ils étaient au début;

3° La proportion d'oxygène absorbée ne paraît pas complétement représentée par l'acide carbonique exhalé.

[1] Publiées dans le *Bulletin de la Société d'agriculture et de commerce de Caen*, 1863.

OUVRAGES AGRONOMIQUES DIVERS.

(TRAITÉS SPÉCIAUX.)

Chimie agricole. Un volume grand in-18 de 550 pages, avec figures dans le texte.
Cet ouvrage, dont la première édition a paru en 1850 et 1851, est à sa *quatrième* édition.

Etudes sur la valeur nutritive des fourrages. Un volume grand in-18.
La deuxième édition est maintenant épuisée.

Etudes chimiques sur l'alimentation du Bétail, au point de vue de la production du travail, de la viande, de la graisse, de la laine et du lait.
La première édition a paru en 1856.
La deuxième, en 1860.

Etudes sur la culture comparée des céréales, des plantes fourragères et des plantes industrielles.
Un volume grand in-18. — 1859.

Prairies artificielles. Causes de diminution de leurs produits ; Etudes sur les moyens de prévenir leur dégénérescence. Un petit volume in-18.
Ouvrage couronné par la Société d'agriculture d'Orléans.

Notions élémentaires d'analyse chimique appliquée à l'agriculture. Un volume in-18, avec figures dans le texte. — 1862.

Opuscules et expériences agronomiques. Un volume in-8°, épuisé depuis longtemps.

Recherches sur divers sujets agronomiques (2e série). Un petit volume in-8°, 1858-1859.

Recherches théoriques et pratiques sur divers sujets d'agronomie et de chimie appliquée à l'agriculture. — 1863. Un volume in-8°.

- Recherches théoriques et pratiques sur divers sujets d'agronomie et de chimie agricole — 1864 (nouvelle série, un vol in-8°.)
- Fragments d'études sur l'ancienne agriculture Romaine — un petit vol in-18 — 1864,

DEUXIÈME SÉRIE

TRAVAUX DE CHIMIE GÉNÉRALE

XLII

Recherches sur quelques sels de zinc et sur quelques sels doubles formés par les oxydes du groupe magnésien [1].

Parmi les résultats de ce travail, je me bornerai aux suivants :

1° Le sulfate de zinc cristallisé au-dessous de 15° c. contient 7 équivalents d'eau ; il n'en contient que 5 lorsqu'il a cristallisé au-dessus de 35° ;

2° Le nitrate de zinc cristallisé à la température ordinaire contient 5 équivalents d'eau ;

3° Le chlorure de zinc peut se combiner avec les chlorures de potassium et d'ammonium, en donnant des sels doubles anhydres ;

4° Dans les sels doubles formés par la combinaison du sulfate de potasse avec les sulfates des oxydes du groupe magnésien, la proportion d'eau est ordinairement telle que les sels composants paraissent être entrés dans la combinaison avec toute leur eau de cristallisation. — Des exceptions à cette loi ont été signalées par M. Graham; mais elle a trouvé de nombreuses confirmations dans les sels doubles à bases de protoxyde d'étain obtenus par M. Bouquet, en 1846.

[1] Partie d'une thèse de chimie pour le doctorat, insérée par extrait dans les comptes-rendus de l'Académie des sciences tome XXI, 1845).

XLIII

Recherches sur un nouvel éther, le brômure de méthyle [1]. (1845.)

Ce composé *n'avait pas encore été obtenu ;* j'en ai donné le mode de préparation et les propriétés. C'est sans doute à cause de sa grande volatilité (il bout à 13°) qu'il avait jusque-là échappé aux investigations des chimistes.

XLIV

Recherches sur les volumes spécifiques ou atomiques [2].

Ces recherches peuvent se résumer de la manière suivante :

1° Les volumes spécifiques des corps simples isomorphes sont sensiblement égaux, ainsi que l'a fait observer le premier M. Dumas ;

3° Les volumes spécifiques de quelques solides composés isomorphes approchent beaucoup de l'égalité ; mais, dans la plupart des cas, la différence de volume spécifique des composés solides isomorphes est trop grande pour pouvoir être attribuée à de simples erreurs d'observation ;

3° Dans les cas de polymorphie pour les corps solides et d'isomérie pour les corps liquides, une même substance, ou plus généralement des substances composées des mêmes éléments, en mêmes proportions, peuvent avoir des volumes spécifiques différents ;

4° Il n'est pas exact d'admettre que le carbone, l'hydrogène, l'oxygène, le brome, l'iode, etc.,.... entrent toujours avec le même volume spécifique dans des liquides quelconques, même en restreignant la proposition à l'alcool, à l'esprit-de-bois, et à leurs dérivés analogues, et en prenant les volumes spécifiques à des températures équidistantes de leurs températures d'ébullition respectives ;

5° Les liquides de constitution éminemment analogues, le bromure, le chlorure et l'iodure d'éthyle, formés d'un élément commun et d'éléments considérés comme isomorphes, n'ont pas le même volume spécifique à des températures équidistantes de leur température d'ébullition.

[1] Partie d'une thèse pour le doctorat, publiée dans les *Annales de chimie et de physique* (tome XV, 3e série).

[2] Ce travail fait partie d'une thèse pour le doctorat présentée en 1845.

XLV

Notes sur quelques faits relatifs à la théorie des radicaux organiques [1] (1847).

Dans ce travail, à une époque où l'éthyle et le méthyle n'avaient pas encore été isolés à l'état de liberté, j'avais produit un certain nombre de faits nouveaux à l'appui de la théorie qui admettait l'existence de ces radicaux, en réalisant quelques substitutions directes et simples de ces radicaux qui passaient d'un composé dans un autre composé du même ordre :

Transformation de l'iodure de méthyle en chlorure, avec dépôt d'iode.
Transformation de l'iodure d'éthyle en chlorure, avec dépôt d'iode.
Transformation du sulfure d'éthyle en chlorure, avec dépôt de soufre.

XLVI

Recherches sur quelques composés NOUVEAUX du Silicium [2] (année 1847).

Dans ce travail, je suis parvenu, en faisant réagir à une température élevée l'acide sulfhydrique sur le chlorure de Silicium, à former deux composés nouveaux définis de Chlore, de Soufre et de Silicium $SiCl_2S$, et $SiClS_2$, qu'on ne connaissait pas encore, et à produire le sulfure $Si\,S_3$, qui était alors si peu connu, que son existence n'était pas admise par tous les chimistes.

Ces composés peuvent être considérés comme dérivant du chlorure de Silicium par la substitution de 1, 2, 3 équivalents de Soufre, à la place de 1, 2, 3 équivalents de Chlore, comme l'expriment les équations suivantes :

$$SiCl_3 + HS = SiCl_2S + HCl.$$
$$SiCl_3 + 2HS = SiClS_2 + 2HCl.$$
$$SiCl_3 + 3HS = SiS_3 + 3HCl.$$

[1] Ce travail a été inséré dans le recueil des travaux de la Société d'émulation pour les sciences pharmaceutiques en 1847.

[2] Insérées par extrait dans les comptes-rendus de l'Académie des sciences.

Publiées dans le Recueil des travaux de la Société d'émulation pour les sciences pharmaceutiques, 1848.

Et dans les *Annales de chimie et de physique*, 3e série, tome XXII.

XLVII

Sur un nouveau dérivé chloré de la liqueur des Hollandais [1] (année 1847).

Ce composé nouveau, dont la formule est C_4HCl_5, et que j'ai désigné sous le nom de ***liqueur des Hollandais trichlorurée***, pour me conformer à la nomenclature de M. Regnault, n'avait pas encore été isolé, et est venu combler une lacune dans la série des composés dérivant de la liqueur des Hollandais, par la substitution successive de 1, 2, 3 équivalents de chlore à la place de 1, 2, 3 équivalents d'hydrogène.

Ce composé nouveau, traité par une dissolution alcoolique de potasse, donne lieu à du chlorure de potassium et à du protochlorure de carbone C_4Cl_4, et la réaction peut être représentée par l'équation chimique suivante :

$$C_4HCl_5 + KO = ClK + HO + C_4Cl_4$$

XLVIII

Recherches sur l'équivalent du Titane [2] (1847).

Des recherches multipliées de M. Henri Rose lui avaient donné, pour cet équivalent, des nombres variant entre 380 et 450, puis le nombre 303,7.

J'ai trouvé, par une méthode fort simple, et en prenant le chlorure pour point de départ, le nombre 314,7, qui diffère peu de celui qu'a trouvé depuis M. Dumas, dans ces dernières années.

Ces recherches m'ont conduit à signaler une cause d'erreur qui conduit fatalement à des résultats trop faibles quand on fait usage du chlorure, c'est l'avidité avec laquelle il absorbe l'humidité de l'air.

[1] Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1848.
Publié dans les *Annales de chimie et de physique* (3e série, tome XXI).

[2] Insérées par extrait dans les Comptes rendus de l'Académie des sciences.
Publiées dans les *Annales de chimie et de physique* (3e série, tome XX).

XLIX

Recherches sur l'acide sulfureux anhydre, et sur un nouvel hydrate de l'acide sulfureux [1] (1848).

Ce nouvel hydrate, parfaitement transparent et bien cristallisé, qui n'avait pas encore été signalé avant mes recherches, s'obtient en faisant arriver vers 0° un courant d'acide sulfureux dans une dissolution déjà saturée d'acide. Il a pour formule SO_2, 9HO.

Pendant le cours du travail auquel je me suis livré à cette occasion, j'ai été à même d'observer que, si l'acide sulfureux est assez soluble dans l'eau, la réciproque n'est pas vraie, attendu que *si l'on agite, dans un tube fermé à la lampe, de l'eau et de l'acide sulfureux anhydre, le mélange se fait de telle sorte qu'après un moment de repos (moins d'une minute), les deux liquides se séparent et se superposent dans l'ordre de leur densité,* comme le feraient de l'huile et de l'eau.

L'acide ne dissout pas d'eau en quantité notable. J'en ai trouvé d'autant moins que j'opérais avec plus de soin, même après avoir effectué quinze à vingt fois le mélange par l'agitation.

L

Quelques observations relatives à la recherche du sulfate de cuivre dans certains cas d'empoisonnement [2] (années 1849 et 1857).

La première de ces observations se rapportait à un cas d'empoisonnement par des aliments cuits et empoisonnés ensemble par du sulfate de cuivre, et dont les uns contenaient du cuivre tandis que les autres n'en contenaient pas.

La cuisson avait eu lieu dans un vase en fonte non émaillé (c'était une soupe aux pois verts); le pain et les pois contenaient seuls du cuivre, le bouillon n'en contenait pas, mais contenait du sulfate de fer.

Le sulfate de cuivre en dissolution avait été réduit par le fer, tandis que celui qui était en combinaison avec des substances organiques azotées ne s'était pas dissous et avait résisté à l'action réductrice.

[1] Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1848, 1er semestre.
Publiées dans les *Annales de chimie et de physique*, tome XXIII, 3e série.

[2] Publiées dans les *Mémoires de l'Académie des sciences, arts et belles-lettres de Caen*, 1861.

La seconde observation se rapportait à de la farine de froment empoisonnée par du sulfate de cuivre, et j'ai pu établir que de la farine empoisonnée par cette substance peut n'en céder que des traces, et même n'en pas céder du tout à l'eau par un lavage, parce que le sel vénéneux se combine assez intimement avec le gluten et avec les autres matières azotées pour résister ensuite à ce lavage.

C'est une combinaison de ce genre qui se produit dans le sulfatage des bois.

LI

Sur la présence, dans du vin, de l'éther acétique en proportion assez considérable pour être nuisible[1]. (1855-1858.)

J'ai trouvé une première fois, en 1855, de l'éther acétique dans la proportion de près d'un millième dans un vin blanc un peu acide, qui paraissait beaucoup plus capiteux que ne le comportait sa richesse alcoolique.

Une deuxième fois, dans du vin blanc en partie acidifié ; il s'y trouvait dans la proportion d'environ deux millièmes.

Enfin, j'en ai trouvé dans un cidre vieux également acide, mais encore potable en Normandie.

[1] Publié dans les *Mémoires de l'Académie des sciences, arts et belles-lettres de Caen* (1862).

OUVRAGES DE CHIMIE GÉNÉRALE OU DE CHIMIE APPLIQUÉE.

Introduction à l'étude de la chimie. Un petit volume grand in-18.

Résumé de quelques leçons faites à la Faculté des Sciences de Caen sur les substances alimentaires. Un petit volume grand in-18.

TRAVAUX DE PHYSIQUE GÉNÉRALE

LII

Recherches expérimentales sur la marche comparative des thermomètres à mercure formés par des verres différents[1]. (1841-1842.)

Ces recherches, qui comprennent de nombreuses séries d'expériences, m'ont conduit à divers résultats dont voici les plus importants :

1° *Dans les mêmes circonstances*, et entre les deux points fixes de l'échelle centigrade, le thermomètre à réservoir de cristal est un peu en avance sur le thermomètre à réservoir de verre ordinaire, et c'est vers 50° que l'écart atteint son maximum ;

2° Au-dessus de 100 degrés, le thermomètre à réservoir de cristal est constamment en avance sur le thermomètre à réservoir de verre, et la différence, croissant généralement avec la température, peut s'élever à plusieurs degrés lorsque les deux thermomètres sont portés à 250 ou 300 degrés ;

3° La valeur de l'intervalle entre les deux points fixes de l'échelle thermométrique est susceptible d'éprouver des variations sensibles; ces variations paraissent dépendre d'un travail moléculaire qui s'effectue dans la matière du verre constituant l'enveloppe des thermomètres. Les thermomètres à réservoir de verre paraissent, à cet égard, susceptibles de moindres variations que les thermomètres à réservoir de cristal.

[1] Publiées dans les *Annales de chimie et de physique* (tome V, 1842).

LIII

Recherches sur la dilatation des diverses sortes de verres [1].

Ces recherches, qui formaient le point de départ de mes études sur la dilatation des liquides, m'ont conduit à reconnaître un des premiers, si ce n'est le premier, qu'il est indispensable, dans des recherches de ce genre, de tenir compte de la *dilatation spéciale* des appareils dont on se sert. J'ai trouvé ainsi :

1° Que le coefficient de la dilatation cubique peut varier d'une manière très-notable, *entre les mêmes limites de température,* pour les verres de compositions différentes : les différences peuvent s'élever à 25 ou 30 pour cent.

2° Que, pour des instruments construits avec le même verre, la différence peut également atteindre des proportions peu différentes de celles qui viennent d'être indiquées.

LIV

Recherches expérimentales sur la dilatation des liquides [2].

Dans cette première partie, comme dans toutes celles qui vont suivre, j'ai toujours préparé moi-même, purifié et analysé les liquides qui m'ont servi, ce qui m'a conduit très-souvent à modifier d'une manière notable quelques-uns des caractères physiques qu'on leur attribuait, surtout leur densité et leur température d'ébullition. J'ai opéré d'abord sur l'*eau*, sur l'*alcool*, l'*esprit-de-bois*, l'*éther* ordinaire, le *sulfure de carbone*, le *chlorure d'Ethyle*, les *bromures d'Ethyle* et de *méthyle*, les *iodures d'Ethyle* et de *méthyle*, le *formiate ethylique* et l'*acétate méthylique*.

Leur étude m'a conduit aux résultats suivants :

1° Le maximum de densité de l'eau se trouve très-près de 4°, comme l'avait reconnu M. Despretz.

Il est impossible de représenter avec assez d'exactitude la marche de la dilatation de l'eau par une expression de la forme

$$1 + \Delta_t = 1 + at + bt^2 + ct^3$$

[1] Thèse de physique pour le doctorat (1845), publiée dans les *Annales de chimie et de physique* (3e série, tome XV).

[2] Publiées dans les *Annales de chimie et de physique* (tome XV, 3e série). — Thèse de physique pour le doctorat (1845).

2° Aucun des autres liquides ne m'a offert d'indice d'nn maximum de densité;

3° La marche de la dilatation de l'Alcool peut étre représentée par la formule :

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}001\,048\,630\,106\,063.\,t + 0{,}000\,001\,750\,990\,620.\,t.^2 + 0{,}000\,000\,001\,345\,183.\,t.^3$$

dans laquelle t représente la témpérature, et 1 volume à zéro degré ;

4° La marche de la dilatation de l'Esprit-de-bois peut être représentée par la formule :

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}001\,185\,569\,707\,407.\,t + 0{,}000\,001\,664\,932\,815.\,t^2 + 0{,}000\,000\,009\,111\,344.\,t^3$$

5° La marche de la dilatation du Sulfure de Carhone peut être représentée par la formule :

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}001\,125\,690\,638\,968.\,t + 0{,}000\,001\,715\,049\,347.\,t^2 + 0{,}000\,000\,001\,211\,660\,765\,69.\,t^3$$

6° La marche de la dilatation de l'*Ether* vinique ordinaire peut être représentée par la formule :

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}001\,502\,684\,47.\,t + 0{,}000\,002\,255\,214.\,t^2 - 0{,}000\,000\,157\,83.\,t^3 + 0{,}000\,000\,004\,146\,8.\,t^4$$

7° Celle du Chlorure d'Éthyle, par la formule :

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}001\,574\,578\,423\,4.\,t + 0{,}000\,002\,813\,658.\,t^2 + 0{,}000\,000\,015\,698\,7.\,t^3$$

8° Celle du Bromure d'Ethyle, par la formule :

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}001\,337\,627\,678\,064.\,t + 0{,}000\,001\,501\,348\,513.\,t^2 + 0{,}000\,000\,016\,900\,026.\,t^3$$

9° Celle de l'Iodure d'Éthyle, par la formule :

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}001\,142\,251\,234\,512.\,t + 0{,}000\,001\,963\,811\,34.\,t^2 + 0{,}000\,000\,006\,208\,415.\,t^3$$

10° Celle du Bromure de Méthyle, par la formule :

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}001\,415\,206\,168\,177.\,t + 0{,}000\,003\,315\,281\,301.\,t^2 + 0{,}000\,000\,113\,809\,010.\,t^3$$

11° Celle de l'Iodure de Méthyle, par la formule :

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}001\,199\,590\,835\,123.\,t + 0{,}000\,002\,163\,318\,353.\,t^2 + 0{,}000\,000\,010\,051\,210.\,t^3$$

12° Celle du Formiate Éthylique, par la formule :

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}001\,325\,204\,736\,811.\,t + 0{,}000\,002\,862\,484\,865.\,t^2 + 0{,}000\,000\,006\,618\,006.\,t^3$$

13° Celle de l'Acétate Méthyliquc par la formule :

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}001\,295\,954\,262\,601.\,t + 0{,}000\,002\,909\,820\,13.\,t^2 + 0{,}000\,000\,004\,258\,971.\,t^3$$

Les conclusions générales de cette première partie de mon travail seraient celles-ci :

Tous ces liquides, en exceptant l'eau, *ont des coefficients de dilatation qui croissent avec la température, du moins* dans les limites des observations.

Tous suivent des lois de dilatation différentes.

L'accroissement de valeur du coefficient de dilatation peut s'élever, pour plusieurs d'entre ces liquides, à plus de 30 ou 40 pour cent.

LV

Recherches sur la dilatation des liquides (Deuxième partie[1]).

J'ai étudié, dans cette nouvelle partie de mon travail, la dilatation de l'alcool *Amylique*, celle de l'*Acétate Ethylique* et celles des *Butyrate Ethylique* et *Méthylique*, et l'on peut résumer ainsi les principaux résultats de cette étude :

1° La marche de la dilatation de l'alcool Amylique peut être représentée par une expression de la forme:

$$1 + \Delta_t = 1 + at + bt^2 + ct^3$$

dans laquelle les coefficients a, b et c auraient, depuis — 15 degrés jusqu'à 80 degrés, les valeurs suivantes :

$$a = 0{,}000\ 890\ 010\ 672$$
$$b = 0{,}000\ 000\ 657\ 293\ 25$$
$$c = 0{,}000\ 000\ 011\ 845\ 833$$

et depuis 80 degrés jusqu'à 131°,8 :

$$a = 0{,}000\ 898\ 853\ 635$$
$$b = 0{,}000\ 000\ 687\ 446\ 245$$
$$c = 0{,}000\ 000\ 010\ 096\ 172$$

2° La marche de la dilatation de l'Acétate Ethylique peut être représentée par la formule :

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}001\ 258\ 495\ 886.\ t + 0{,}000\ 002\ 956\ 880\ 447.\ t^2 + 0{,}000\ 000\ 001\ 492\ 15.\ t^3.$$

3° Celle du Butyrate Méthylique, par la formule :

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}001\ 239\ 895\ 926.\ t + 0{,}000\ 000\ 626\ 024\ 909.\ t^2 + 0{,}000\ 000\ 013\ 065\ 664.\ t^3$$

[1] Publiées dans les *Annales de chimie et de physique*, tome XIV, 3e série.

4° Enfin celle du Butyrate Ethylique ne peut se représenter par une formule de la forme:

$$1 + \Delta_t = 1 + at + bt^2 + ct^3$$

qu'à la condition de supposer, depuis zéro jusqu'à 90 degrés,

$$a = 0,001\ 202\ 792\ 1$$
$$b = 0,000\ 000\ 072\ 233\ 787$$
$$c = 0,000\ 000\ 022\ 634\ 601$$

et depuis 90 degrés jusqu'à 119 degrés,

$$a = 0,000\ 632\ 742\ 605$$
$$b = 0,000\ 012\ 763\ 201\ 629$$
$$c = 0,000\ 000\ 050\ 278\ 402$$

Nous citerons, parmi les conséquences auxquelles ce travail m'a conduit pour tous ces liquides, les suivantes :

1° Le coefficient *vrai* surpasse toujours le coefficient moyen de la dilatation, aux températures supérieures à zéro, et l'inverse a généralement lieu au-dessous de cette température.

2° La différence peut s'élever quelquefois jusqu'à près de 40 pour cent, comme dans l'alcool amylique vers 130 degrés.

3° Il ne paraît y avoir aucun rapport facile à saisir entre la grandeur de cette différence et la volatilité du liquide.

4° Le coefficient moyen et le coefficient vrai croissent avec la température.

5° Le coefficient vrai croît plus rapidement que le coefficient moyen.

6° Aucun de ces liquides ne m'a offert d'indices d'un maximum de densité.

En rapprochant les résultats obtenus dans ce mémoire de ceux auxquels on avait été conduit dans le premier, on arrive encore aux conséquences qui suivent :

7° L'*alcool méthylique* (esprit-de-bois), l'*alcool amylique* (huile de pommes de terre) et l'*alcool éthylique* (esprit-de-vin) *paraissent suivre la même loi de contraction* si l'on prend pour point de départ leurs températures d'ébullition respectives et qu'on les compare à des températures équidistantes de ces températures d'ébullition ;

8° *Si l'on prend des volumes égaux de bromure méthylique* (éther bromhydrique de l'esprit-de-bois) *et de bromure éthylique* (éther bromhydrique de l'alcool) *à leurs températures d'ébullition respectives, ces volumes resteront encore sensiblement égaux à des températures équidistantes de leurs températures d'ébullition ;*

9° *Des volumes égaux d'iodure méthylique* (éther iodhydrique de l'esprit-de-bois) et *d'iodure éthylique* (éther iodhydrique de l'alcool), *pris à leurs températures d'é-*

bullition respectives, conserveront sensiblement leur égalité à des températures équidistantes de ces températures d'ébullition ;

10° L'*acétate méthylique* (éther acétique de l'esprit-de-bois) et l'*acétate éthylique* (éther acétique de l'alcool) *suivent aussi la même loi de contraction en prenant pour point de départ des volumes égaux de ces deux liquides à leurs températures d'ébullition respectives ;*

11° Le *butyrate méthylique* (éther butyrique de l'esprit-de-bois) et le *butyrate éthylique* (éther butyrique de l'acool), *pris dans les mêmes conditions, suivent aussi à très-peu près la même loi de contraction.*

Plus généralement, les composés homologues dérivés de l'alcool éthylique, de l'alcool méthylique, et probablement aussi *ceux de l'alcool amylique suivent sensiblement la même loi de contraction, en prenant pour points de départ leurs températures d'ébullition respectives, et en les comparant à des températures équidistantes de ces températures d'ébullition.*

LVI

Recherches expérimentales sur la dilatation des liquides (Troisième mémoire [1]). (1846-1847.)

Les substances dont l'étude avait fait l'objet de cette troisième partie sont : le *proto-Chlorure* et le *proto-Bromure* de *Phosphore ;* le proto Chlorure d'*Arsenic*, les bi Chlorure de *Titane* et d'*Etain*, le Chlorure et le Bromure de *Silicium*, le Chlorure et le Bromure d'*Elaïle* et le *Brome*.

J'ai trouvé, comme résultats principaux de cette étude :

1° Que la marche de la dilatation du proto-Chlorure de Phosphore peut être représentée par la formule :

$$+ \Delta_t = 1 + 0,001\,128\,618\,932.\ t + 0,000\,000\,872\,880\,045.\ t^2 + 0,000\,047\,923\,536.\ t^3$$

2° Que celle du proto-Chlorure d'Arsenic peut être représentée par la formule :

$$1 + \Delta_t = 1 + 0,000\,979\,072\,746.\ t + 0,000\,000\,966\,9482.\ t^2 + 0,000\,000\,001\,777\,204.\ t^3$$

3° Celle du proto-Bromure de Phosphore, par une formule de la forme :

$$1 + \Delta_t = 1 + at + b.\ t^2 + c.\ t^3$$

[1] Ce mémoire a été publié dans les *Annales de chimie et de physique* (tome XX, 3e série).

pourvu qu'on suppose, depuis zéro jusqu'à 100° :

$$a = 0{,}000\ 847\ 204\ 934$$
$$b = 0{,}000\ 000\ 436\ 718\ 628$$
$$c = 0{,}000\ 000\ 002\ 527\ 555$$

et de 100 à 175°,3 :

$$a = 0{,}000\ 824\ 268\ 122$$
$$b = 0{,}000\ 000\ 914\ 309\ 284$$
$$c = 0{,}000\ 000\ 000\ 055\ 001$$

4° Celle du bi-Chlorure d'Etain, par la formule :

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}001\ 132\ 800\ 769.\ t + 0{,}000\ 000\ 911\ 710\ 706\ t^2 + 0{,}000\ 000\ 007\ 579\ 789.\ t^3$$

5° Celle du bi-Chlorure de Titane, par la formule :

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}000\ 942\ 569\ 004.\ t + 0{,}000\ 001\ 345\ 791\ 937.\ t^2 + 0{,}000\ 000\ 000\ 888\ 044.\ t^3$$

6° Celle du Chlorure de Silicium, par la formule :

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}001\ 294\ 119\ 069.\ t + 0{,}000\ 002\ 184\ 143\ 631.\ t^2 + 0{,}000\ 000\ 040\ 864\ 22.\ t^3$$

7° Celle du Bromure de Silicium, par la formule :

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}000\ 952\ 572\ 44.\ t + 0{,}000\ 000\ 756\ 742.\ t^2 + 0{,}000\ 000\ 000\ 292\ 074.\ t^3$$

8° Celle du Chlorure d'Elaïle, par la formule :

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}001\ 118\ 932\ 379.\ t + 0{,}000\ 001\ 046\ 861\ 382.\ t^2 + 0{,}000\ 000\ 010\ 341\ 738.\ t^3$$

9° Celle du Bromure d'Elaïle ne peut être représentée avec une suffisante exactitude par une expressiou de la forme $1 + \Delta_t = 1 + at + bt^2 + ct^3$, qu'à la condition d'y supposer, de 20 degrés à 100 degrés,

$$a = 0{,}000\ 952\ 696\ 19$$
$$b = 0{,}000\ 001\ 316\ 506\ 858$$
$$c = 0{,}000\ 000\ 001\ 062\ 687$$

et depuis 100 degrés jusqu'à 132°,6 :

$$a = 0{,}001\ 016\ 765\ 988$$
$$b = 0{,}000\ 000\ 102\ 231\ 77$$
$$c = 0{,}000\ 000\ 008\ 788\ 007$$

10° Enfin, celle du Brome, par la formule :

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}001\ 038\ 186\ 255.\ t + 0{,}000\ 001\ 711\ 380\ 853.\ t^3 + 0{,}000\ 000\ 005\ 447\ 118.\ t^3$$

Parmi les conséquences qui paraissent encore résulter de ces recherches, en les combinant avec celles des séries précédentes, il m'a semblé qu'on pouvait citer les suivantes :

1° Aucun de ces liquides ne présente d'indice d'un maximum de densité.

2° Le coefficient moyen de leur dilatation absolue et le coefficient vrai croissent avec la température.

3° Le coefficient vrai surpasse toujours le coefficient moyen aux températures supérieures à celle de la glace fondante, et l'inverse a généralement lieu aux températures inférieures à zéro.

4° La différence atteint quelquefois un chiffre considérable ; dans le chlorure de silicium elle s'élève à près de 27 pour cent pour un intervalle de 59 degrés seulement.

5° Le coefficient vrai éprouve quelquefois un accroissement très-considérable et très-rapide ; ainsi dans le chlorure de silicium, entre zéro et 59 degrés, cet accroissement représente plus de 50 pour cent de sa valeur initiale.

6° La variation du coefficient vrai de la dilatation absolue est *plus de cinq fois* plus considérable dans le chlorure de silicium que dans le bromure, pour un même intervalle de temps.

7° On peut dire *qu'en général* deux liquides formés par la combinaison d'un *élément commun* avec des *éléments isomorphes* suivent, à partir de leurs températures d'ébullition respectives, des lois de contraction notablement différentes ; ou, en d'autres termes, que *des volumes égaux de liquides ainsi constitués, pris à leurs températures respectives d'ébullition, ne conservent pas leur égalité à des températures équidistantes de ces températures d'ébullition.* La différence est en général trop grande pour qu'on puisse l'attribuer à des erreurs d'observations.

8° La différence croît, et toujours dans le même sens, pour chaque groupe de liquides, à mesure qu'on s'éloigne des températures d'ébullition.

9° Cette différence atteint quelquefois des proportions extrêmement considérables, comme dans le groupe formé par le chlorure et le bromure de silicium, où elle s'élève à la moitié de la contraction de l'un des liquides.

LVII

Recherches sur la dilatation des liquides (Quatrième mémoire[1]).

J'ai étudié, dans ce travail, diverses propriétés encore assez peu connues de l'*Acide Sulfureux* anhydre, et du *Sulfite Ethylique*, et en me restreignant ici à ce qui concerne leur dilatation, j'ai trouvé :

1° Qu'entre — 9 degrés et — 26 degrés la marche de la dilatation de l'Acide Sulfureux anhydre peut être assez bien représentée par la formule :

$$1 + \Delta_x = 1 + 0.001\,496\,377\,527.\ x + 0{,}000\,022\,337\,479\,463.\ x^2 - 0{,}000\,000\,495\,759\,153.\ x^3$$

dans laquelle x, au lieu de représenter la température, représenterait la différence $25^\circ{,}85 - t$, et t la température, abstraction faite de son signe.

2° Que la marche de la dilatation du Sulfite Ethylique peut être représentée assez exactement par la formule :

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}000\,993\,479\,325.\ t + 0{,}000\,001\,090\,388\,544.\ t^2 + 0{,}000\,000\,001\,539\,392.\ t^3$$

Les autres résultsts généraux relatifs aux variations du coefficient vrai et du coefficient moyen de la dilatation sont dans le même sens que ceux que nous avons déjà signalés dans les mémoires précédents.

Absence complète, dans ces deux liquides, d'indices d'un maximum de densité.

LVIII

Recherches sur la dilatation des liquides (Cinquième mémoire[2]).

Ces nouvelles recherches ont porté sur l'*Aldéhyde*, sur l'*Acide butyrique* monohydraté, sur le *Chlorure d'Ethyle monochloré*, sur le *Chlorure d'Elaïle monochloré*, sur le *Chlorure d'Ethyle bichloré*.

Il résulte de cette nouvelle étude, et des rapprochements que j'ai pu faire entre les résultats qu'elle m'a donnés et ceux que j'avais déjà obtenus dans mes précédentes recherches :

[1] Insérées dans les *Annales de chimie et de physique*, tome XXI.

[2] Publiées dans les *Annales de chimie et de physique*, 3e série, tome XXXI.

1° Que la marche de la dilatation de l'Aldéhyde peut être représentée par la formule suivente :

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}001\ 652\ 522\ 137.\ t + 0{,}000\ 008\ 506\ 041\ 328.\ t^2 + 0{,}000\ 000\ 064\ 258\ 431.\ t^3$$

2° Que celle de l'acide bntyrique monohydrate, pour pouvoir être représentée par une expression de le forme

$$1 + \Delta_t = 1 + at + bt^2 + ct^3$$

demande qu'on fesse, depuis zéro jusqu'à 100 degrés

$$a = 0{,}001\ 025\ 730\ 402$$
$$b = 0{,}000\ 000\ 837\ 605\ 462$$
$$c = 0{,}000\ 000\ 003\ 469\ 347$$

et depuis 100 degrés jusqu'à 163 degrés :

$$a = 0{,}001\ 030\ 405\ 611$$
$$b = 0{,}000\ 000\ 818\ 892\ 393$$
$$c = 0{,}000\ 000\ 003\ 332\ 144$$

3° Celle du Chlorure d'Ethyle monochloré, par la formule

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}001\ 290\ 717\ 95.\ t + 0{,}000\ 000\ 418\ 334\ 518.\ t^2 + 0{,}000\ 000\ 021\ 339\ 432.\ t^3$$

4° Que pour représenter per une formule de la forme :

$$1 + \Delta_t = 1 + at + bt^2 + ct^3$$

le merche de la dilatation du Chlorure d'Elaïle monochloré, il faut admettre qu'on a, entre zéro et 75 degrés :

$$a = 0{,}001\ 056\ 414\ 03$$
$$b = 0{,}000\ 000\ 280\ 354\ 009$$
$$c = 0{,}000\ 000\ 015\ 088\ 466$$

tandis qu'entre 75 degrés et 114 degrés on e :

$$a = 0{,}000\ 952\ 713\ 564$$
$$b = 0{,}000\ 003\ 195\ 081\ 393$$
$$c = 0{,}000\ 000\ 006\ 412\ 293$$

5° Enfin que le marche de la dilatation du Chlorure d'Elaïla bichloré peut se représenter ainsi :

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}001\ 174\ 820\ 663.\ t + 0{,}000\ 003\ 577\ 094\ 001.\ t^2 + 0{,}000\ 000\ 005\ 367\ 001.\ t^3$$

Ce travail m'a conduit encore à reconnaître :

6° Que le coefficient moyen de la dilatation de tous ces liquides, ainsi que le coefficient vrai, croissent avec la température.

7° Que le coefficient vrai surpasse toujours le coefficient moyen aux températures supérieures à zéro, tandis que l'inverse a généralement lieu aux températures inférieures.

8° Que, dans les calculs relatifs aux variations de volume de ces liquides, il n'est pas permis de faire usage du coefficient moyen de leur dilatation $\frac{\Delta_t}{t}$ à la place de leur coefficient vrai $\frac{d. \Delta_t}{dt}$, sans s'exposer à des erreurs d'autant plus graves que la température serait plus élevée.

9° Qu'en général, les *substances liquides isomères*, du moins celles que j'ai étudiées, *suivent des lois de contraction différentes pour des variations égales de température comptées à partir de leurs températures d'ébullition respectives.*

10° Que cependant le *Formiate Ethylique* et l'Acétate *Méthylique font exception à cette règle, et suivent exactement la même loi de contraction.*

11° *Que, dans les cas où l'on observe une différence de contraction entre deux liquides isomères appartenant au même groupe,* cette différence croît, et toujours dans le même sens, à mesure qu'on s'éloigne des températures d'ébullition.

LIX

Recherches sur la dilatation des liquides (Sixième mémoire). (1849.)

Dans cette nouvelle série de recherches, j'ai étudié la dilatation du *Sulfure et celle du Sulfocyanure de Méthyle ;*

Celles du *Chloroforme*, du *Bichlorure de Carbone*, du *Sulfure d'Ethyle*, du *Chlorure* et du *Bromure d'Amyle ;*

Celles de la liqueur des *Hollandais Bichlorée*, et de la liqueur des *Hollandais trichlorée*, du *proto Chlorure de Carbone* et du *Térébène*.

Après de nombreuses déterminations uumériques, j'ai trouvé :

1° Que la marche de la dilatation du bi-Sulfure de Méthyle peut se représenter par la formnle

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}001\ 017\ 048\ 783\ t + 0{,}000\ 001\ 576\ 062\ 206.\ t^2 + 0{,}000\ 000\ 001\ 907\ 157.\ t^3$$

2° Celle du Sulfocyanure de Méthyle par une formule de la forme

$$1 + \Delta = 1 + a.\ t + b.\ t^2 + ct^3$$

[1] Insérées par extrait dans les Comptes-rendus de l'Académie des sciences. Publiées dans les *Annales de chimie et de physique*, 3e série, tome XXXIII.

si, depuis zéro jusqu'à 70°, on suppose

$$a = 0{,}000\ 970\ 071\ 555$$
$$b = 0{,}000\ 001\ 254\ 362\ 875$$
$$c = 0{,}000\ 000\ 011\ 757\ 260$$

et depuis 70 degrés jusqu'à 133° :

$$a = 0{,}000\ 948\ 077\ 492$$
$$b = 0{,}000\ 002\ 547\ 914\ 177$$
$$c = 0{,}000\ 000\ 002\ 464\ 023$$

3° Celle du Chloroforme, par la formule

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}001\ 107\ 145\ 896.\ t + 0{,}000\ 004\ 664\ 734\ 417.\ t^2 - 0{,}000\ 000\ 017\ 432\ 753\ t^3$$

4° Celle du bi-Chlorure, de Carbone par la formule

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}001\ 183\ 834\ 392\ t + 0{,}000\ 000\ 898\ 811\ 393\ t^2 + 0{,}000\ 000\ 043\ 513\ 49\ t^3$$

5° Celle du Sulfure d'Ethyle, par la formule

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}001\ 196\ 426\ 055\ t + 0{,}000\ 001\ 806\ 530\ 276\ t^2 + 0{,}000\ 000\ 007\ 882\ 079\ t^3$$

6° Celle du Chlorure d'Amyle, par la formule

$$1 + \Delta_t = 1 + 0{,}001\ 171\ 549\ 566.\ t + 0{,}000\ 000\ 500\ 769\ 992.\ t^2 + 0{,}000\ 000\ 013\ 536\ 846.\ t^3$$

7° Celle du Bromure d'Amyle peut aussi être représentée par une expression de la forme

$$1 + \Delta_t = 1 + a\,t + b.\ t^2 + c\,t$$

en supposant, depuis zéro jusqu'à 80 degrés,

$$a = 0{,}001\ 023\ 212\ 271$$
$$b = 0{,}000\ 001\ 900\ 861\ 96$$
$$c = 0{,}000\ 000\ 001\ 076\ 594$$

et depuis 80 degrés jusqu'à 118°7.

$$a = 0{,}001\ 932\ 389$$
$$b = 0{,}000\ 000\ 854\ 454\ 101$$
$$c = 0{,}000\ 000\ 007\ 640\ 375$$

8° De même, pour représenter avec une exactitude suffisante la marche de la dilatation de la liqueur des Hollandais bichlorée par une expression de la forme

$$1 + \Delta_t = 1 + at + b.\ t^2 + c.\ t^3$$

il convient de supposer, entre zéro et 60 degrés,

$$a = 0{,}000\ 835\ 619\ 931$$
$$b = 0{,}000\ 006\ 587\ 710\ 865$$
$$c = -0{,}000\ 000\ 054\ 142\ 195$$

et depuis 60 degrés jusqu'à 138°,6

$$a = 0{,}000\ 977\ 168\ 425$$
$$b = 0{,}000\ 000\ 734\ 780\ 724$$
$$c = 0{,}000\ 000\ 004\ 010\ 282$$

9° De même, pour celle de la liqueur des Hollandais trichlorée, il faut supposer, depuis zéro jusqu'à 75°

$$a = 0{,}000\ 899\ 044\ 173$$
$$b = 0{,}000\ 002\ 437\ 772\ 47$$
$$c = -0{,}000\ 000\ 012\ 864\ 894$$

et depuis 75 degrés jusqu'à 153°,8

$$a = 0{,}000\ 973\ 390\ 063$$
$$b = 0{,}000\ 000\ 025\ 770\ 615$$
$$c = 0{,}000\ 000\ 006\ 364\ 389$$

10° Enfin, pour erriver à représenter avec une satisfaisente exectitude la marche de le diletetion du protochlorure de Carbone par une expression de la forme

$$1 + \Delta_t = 1 + at + b.\,t + c.\,t^3$$

il convient de supposer, depuis zéro jusqu'à 75 degrés,

$$a = 0{,}001\ 002\ 627\ 705$$
$$b = 0{,}000\ 000\ 327\ 984\ 961$$
$$c = 0{,}000\ 000\ 015\ 933\ 982$$

et de 75 degrés à 123°,9

$$a = 0{,}000\ 920\ 833\ 297$$
$$b = 0{,}000\ 003\ 400\ 745\ 812$$
$$c = -0{,}000\ 000\ 010\ 075\ 505$$

11° Pour le Téréhène, on supposera, depuis zéro jusqu'à 90 degrés,

$$a = 0{,}000\ 896\ 554\ 042$$
$$b = 0{,}000\ 002\ 036\ 668\ 023$$
$$c = -0{,}000\ 000\ 007\ 483\ 604$$

et depuis 80 degrés jusqu'à 161 degrés

a = 0,000 879 253 879
b = 0,000 001 809 500 011
c = — 0,000 000 001 726 268

De l'ensemble de ces six mémoires, qui comprennent des études faites sur *quarante-quatre* substances liquides appartenant à divers ordres de composés, et dont un seul, le Brome, est un corps élémentaire, il m'a semblé permis de formuler, entre autres combinaisons générales, les suivantes :

1° *Tous ces liquides suivent des lois différentes dans leur dilatation, et ces lois paraissent très-compliquées.*

2° *Si l'on excepte quelques groupes peu nombreux, tous suivent aussi des lois de contraction différentes, à partir de leurs températures d'ébullition respectives.*

3° *L'eau paraît être le seul liquide doué de la propriété d'avoir un maximum de densité.*

4° *Le coefficient vrai de la dilatation absolue de tous ces liquides croît avec la température, et quelquefois d'une manière assez rapide.*

5° *On observe quelquefois, entre les variations des coefficients vrais de dilatation de deux liquides des différences énormes, même lorsqu'il s'agit de liquides formés par la combinaison d'un élément commun avec des éléments isomorphes; ainsi, pour le même intervalle de température, cette variation, dans le Chlorure de Silicium, est plus que quintuple de ce qu'elle est dans le Bromure de Silicium.*

6° *C'est dans l'Aldehyde que j'ai observé la plus grande valeur de ce coefficient; à* 22 *degrés le* coefficient vrai de la dilatation de ce liquide est égal à *près des deux tiers* de celui de l'air.

7° *Le coefficient moyen de la dilatation absolue de ces liquides croît aussi en même temps que la température d'observation, mais beaucoup moins rapidement que le coefficient vrai.*

8° *Le coefficient vrai surpasse toujours le coefficient moyen aux températures supérieures à zéro; et l'inverse a généralement lieu aux températures inférieures.*

9° *Il n'est pas permis, dans les calculs relatifs aux variations de volume des liquides, de faire usage du coefficient moyen de leur dilatation absolue* $\frac{\Delta_t}{t}$ *au lieu du coefficient vrai* $\frac{d.\Delta_t}{dt}$, *comme on le fait habituellement pour les gaz;* cette substitution donnerait lieu à des erreurs d'autant plus graves que la température serait plus élevée.

10° *Il ne paraît y avoir aucun rapport facile à saisir entre la grandeur de la différence de ces deux coefficients et la volatilité du liquide, ou même avec la valeur de ces deux coefficients.*

LX

Recherches sur la thermométrie, et en particulier sur la comparaison du thermomètre à air avec des thermomètres à liquides divers [1].

De ces recherches, qui ont porté sur un très-grand nombre de liquides (sur quarante-cinq), il résulte que :

1° *Tous les autres thermomètres sont en retard sur le thermomètre à air, entre zéro et 100 degrés; tous, au contraire, sont en avance sur lui, lorsqu'on se place en dehors de ces limites*, soit au-dessous de zéro, soit au-dessus de 100 degrés.

2° En laissant de côté le thermomètre à eau, l'on trouve que *ces divers thermomètres s'accordent généralement mieux entre eux qu'ils ne s'accordent avec le thermomètre à mercure ou avec le thermomètre à air*.

3° *C'est entre 50 et 55 degrés que se trouve le plus grand écart entre les divers thermomètres et le thermomètre à air*, lorsqu'on ne considère que l'intervalle compris entre les points fixes zéro et 100 degrés.

4° *En dehors des points fixes de l'échelle thermométrique ordinaire, l'écart paraît d'autant plus grand que l'abaissement de température est plus considérable au-dessous de zéro, ou que la température s'élève davantage au-dessus de 100 degrés.*

5° *Entre les points fixes de l'échelle, la grandeur de cette différence d'indication ne paraît pas avoir de rapport bien évident avec la plus ou moins grande volatilité des liquides.*

6° *Certains thermomètres, formés avec des liquides bouillant à des températures peu différentes, s'accordent assez bien entre eux.* Tels sont les thermomètres qui renferment pour liqueur thermométrique, le Chlorure d'Ethyle bichloré, et l'Acétate Ethylique, dont l'accord est aussi parfait que celui de deux thermomètres à mercure construits dans de bonnes conditions ordinaires.

Les thermomètres à *Alcool* et à *bi-Chlorure de Carbone* s'accordent presque aussi bien *entre eux* que les deux précédents.

Toutefois, il n'existe pas de raisons suffisantes pour conseiller la substitution de l'un quelconque de ces thermomètres au thermomètre à mercure, dont la matière première à l'état de pureté est plus facilement à la portée des constructeurs.

[1] Publiées dans les *Mémoires de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Caen*, 1850.

LXI

Recherches sur les causes d'altération des bières d'une brasserie incendiée [1].

Dans le cours de ces recherches, qui avaient été entreprises dans le but d'éclairer la justice, j'ai été à même d'étudier deux faits dont l'importance pratique m'a paru digne de fixer l'attention :

1° Sous l'influence de la vapeur d'eau, et par sa condensation, l'eau ou la bière contenue dans des tonneaux renfermés dans un espace clos où pénètre la vapeur peut s'échauffer beaucoup plus rapidement qu'on ne pense;

2° Le *coke embrasé, en s'éteignant dans l'eau, dégage environ* 370 *calories.*

LXII

Recherches expérimentales sur le poids spécifique des corps solides, et sur les variations de densité qu'éprouvent ces corps par la trempe ou par le recuit, par le laminage ou par le martelage [2]. (1846-1854.)

Dans le cours de ce travail, qui était destiné à servir d'introduction à de nouvelles études sur la dilatation des solides, j'ai soumis à des épreuves variées le *fer*, le *zinc*, le *cuivre*, le *plomb*, l'*antimoine*, l'*argent*, le *platine*, les *verres* et les principaux alliages usuels, *bronze*, *laiton*, alliages des *monnaies* d'argent, divers autres alliages des métaux précieux...... et les résultats principaux de ces nombreuses expériences peuvent se résumer ainsi :

1° La plupart des métaux usuels, ainsi que leurs principaux alliages, sont sensibles aux effets de la *trempe* et du *recuit*; les uns diminuent de densité d'une manière plus ou moins prononcée sous l'influence de la trempe, comme l'acier, l'antimoine, le fer, le cuivre, l'alliage des monnaies d'argent, l'alliage formé d'un équivalent d'étain et de deux équivalents de plomb ;

2° Sur d'autres, au contraire, l'effet de la trempe se traduit par un accroissement de densité; tel est le cas des bronzes et des laitons; tel est encore le cas du zinc, entre 180° et 200° ;

[1] Publiées dans les *Mémoires de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Caen*, 1861.

[2] Publiées dans les *Mémoires de l'Académie des sciences, arts et belles-lettres de Caen* (1855).

3° Soumis à l'influence du recuit, c'est-à-dire, chauffés à nne température plus ou moins élevée, et abandonnés ensuite à un refroidissement très-lent, plusieurs de ces métaux ou alliages peuvent revenir à l'état où il se trouvaient avant la trempe, et reprendre sensiblement leur première densité; tels sout l'acier, le cuivre, et en général les métaux qui ont éprouvé, sous l'influence de la trempe, une diminution de densité;

4° D'autres, au contraire, comme les bronzes, les laitons, et peut-être tous les alliages qui, sous l'influence de la trempe, ont augmenté de densité, perdent une partie notable de cet accroissement sous l'influence d'un recuit ultérieur, sans revenir pour cela tout à fait à leur état primitif;

5° Pour certains corps solides, les effets de trempe sont déjà sensibles à nne température peu différente de 100 degrés;

6° En général, les substances qui perdent, sous l'influence de la trempe, uue partie de leur densité, deviennent plus dures et plns fragiles; l'acier fortement trempé, le verre trempé sous la forme de larmes bataviques, nous en fournissent de remarquables exemples.

7° Au contrsire, les substances qui, par la trempe, augmenteut de densité, acquièrent souvent, par ce fait, une bien plus grande malléabilité. Nous en avons un exemple du plus baut intérêt dans l'alliage des cymbales et des tam-tam;

8° L'écrouissage des métaux purs ou alliés, soit à l'aide du marteau, soit à l'aide du balancier, produit généralement une augmentation dans leur poids spécifique;

9° Le laminage peut produire une diminution sensible dans la densité de certains métaux; tel est le cas du plomb et de l'étain, qui augmentent cependant de densité par le martelage;

10° La variation de volume acquise par certains corps solides, sous l'influence de la trempe ou du recuit, peut être une fraction très-considérable de la dilatation des corps par la chaleur. Ainsi, l'acier, suivant qu'on le prend recuit ou trempé, présente des différences de volume qui représentent 57 pour cent de la dilatation qu'il subit en passant de la température de la glace fondante à celle de l'eau bouillante;

11° Enfin, il peut exister, entre les poids spécifiques d'échantillons pris, soit dans un même morceau, soit dans un même bain de fusion, des différences qui sont quelquefois du même ordre de grandeur que celles que nous venons de signaler dans le numéro précédent.

C'est en présence de ces résultats, que j'ai cru devoir renoncer à l'étude des dilatations des solides, et en particulier des métaux.

OUVRAGES DE PHYSIQUE GÉNÉRALE.

Exercices de physique, à l'usage des candidats aux écoles de l'État. Un volume in-8°, *seconde édition.*

Recherches expérimentales sur la Thermométrie et sur les Dilatations. Un volume in-8°.

Caen. — Imprimerie E. Poisson.